

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Rosália Nazareth Rosa Trindade

**RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DO NORTE DE MINAS GERAIS
ATRAVÉS DA VEREDA PAU GRANDE, PARQUE NACIONAL GRANDE SERTÃO
VEREDAS (MG)**

Diamantina

2020

Rosalia Nazareth Rosa Trindade

**RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DO NORTE DE MINAS GERAIS
ATRAVÉS DA VEREDA PAU GRANDE, PARQUE NACIONAL GRANDE SERTÃO
VEREDAS (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ingrid Horák Terra
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva

Diamantina

2020

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

T833r

Trindade, Rosália Nazareth Rosa

Reconstituição paleoambiental do Norte de Minas Gerais através da Vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas (MG)

/ Rosália Nazareth Rosa Trindade , 2020.

155 p.: il.

Orientadora: Ingrid Horák Terra

Coorientador: Alexandre Christófaros Silva

Dissertação (Mestrado— Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

1. Bioma cerrado. 2. Organossolo. 3. Análises palinológicas. 4. Isótopos. 5. Geoquímica. 6. Mudanças climáticas. I. Terra, Ingrid Horák. II. Silva, Alexandre Christófaros. III. Título. IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 631.4

Ficha Catalográfica – Sistema de Bibliotecas/UFVJM

Bibliotecária: Viviane Pedrosa – CRB6/2641



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

ROSÁLIA NAZARETH ROSA TRINDADE
RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DO NORTE DE MINAS GERAIS
ATRAVÉS DA VEREDA PAU GRANDE, PARQUE NACIONAL GRANDE SERTÃO VEREDAS-MG

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, **nível de Mestrado**, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Produção Vegetal**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ingrid Horák Terra
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Christóforo Silva
Data de aprovação 06/11/2020.

Prof. Dr. Fabrício da Silva Terra - (UFVJM)

Prof^a. Dr^a. Ingrid Horák Terra - (UFVJM)

Prof. Dr. Uidemar Morais Barral - (UnB - Universidade de Brasília)



Documento assinado eletronicamente por **Ingrid Horak Terra, Servidor**, em 06/11/2020, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabrício da Silva Terra, Servidor**, em 06/11/2020, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Uidemar Morais Barral, Usuário Externo**, em 08/11/2020, às 18:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0209785** e o código CRC **7483A7DF**.

*Dedico aos meus pais, Maria do Rosário e Antônio
(em memória), aos meus familiares,
amigos, orientadora e principalmente à Deus.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por acreditar que nossa existência pressupõe outra infinitamente superior.

A minha mãe Maria do Rosário pelo amor incondicional.

Ao meu pai Antônio Trindade, pois tenho certeza de que, não importa onde esteja, estará comemorando, em grande estilo, a minha vitória. Vitória que é nossa, pois sem você não estaria aqui.

Aos meus irmãos, sobrinhas e demais familiares que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que alcançasse meus objetivos.

Aos meus colegas e amigos, pela amizade de graça, pelo amor fiel e pela companhia ímpar de cada um.

Aos mestres que, com paciência e desprendimento me instigaram a aprender e conhecer o mundo em sua grandeza e plenitude.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM pela acolhida e por todo apoio estrutural.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelos recursos financeiros para a realização do projeto.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio e ao Parque Nacional Grande Sertão Veredas por permitir a utilização da área para este estudo.

Ao Vicente Gonçalves de Almeida, Chefe do Parque Nacional Grande Sertão Veredas, e aos guias Alessandro e Mazinho pelo apoio durante a coleta dos materiais de estudo.

A minha orientadora Prof.^a Ingrid Horák-Terra, pela atenção, confiança, incentivo, disponibilidade de tempo e material, e por todo conhecimento adquirido.

Ao meu coorientador Prof. Alexandre Christófaros Silva pelo auxílio, pela oportunidade de realizar o estágio de docência, e pelo espaço físico a mim concedido.

Ao Prof. Dr. Carlos Victor Mendonça Filho pela colaboração e atenção com o levantamento botânico da área de estudo.

Ao Professor Eric pelo auxílio na identificação das plantas coletadas.

Ao Prof. Plínio Barbosa de Camargo do Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP pela realização das análises isotópicas.

Ao Prof. Fabrício da Silva Terra pelo auxílio nas atividades de campo e no decorrer no trabalho.
A Prof.^a Dr.^a Cynthia Fernandes Pinto da Luz do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo (IBt) pela orientação sobre os trabalhos de preparação das amostras para a análise palinológica e auxílio na identificação dos grãos de pólen e palinomorfos.

Ao Técnico do laboratório de Palinologia Kauê Fonseca do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo (IBt) pela acolhida, pelo apoio e ajuda nos trabalhos de preparação das amostras para a análise palinológica.

Ao técnico do Laboratório de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM Abraão Viana, pelo apoio durante a realização das análises.

Aos Colegas Tainá, Lucas e Gabriela pela parceria no trabalho de campo e laboratorial.

Aos colegas de Laboratório Camila, Uidemar, Sabrina e Geisla pelo apoio, conversas e conhecimento compartilhado durante este tempo.

Ao Francisco pelo companheirismo, cumplicidade, pela paciência nos momentos de ausência e por todo carinho.

Aos meus amigos de Coluna, por sempre me mostrarem que as amizades verdadeiras continuam a crescer, mesmo a longas distâncias.

As minhas amigas Rafaela, Ramony e Raquel pela amizade e companheirismo desde a graduação.

As minhas amigas e companheiras Amanda, Júlia Letícia, Ludmila, Mônica e Tamires pelo convívio diário, conselhos, encontros e principalmente pelas risadas.

As minhas amigas de Unaí-MG Tainá, Maria Emanuely, Thaís e Juliana pela acolhida na cidade e por tornarem minha estadia mais leve e alegre.

Muito obrigada!

“E ainda que tivesse o dom da profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda ciência, e ainda que tivesse toda fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.” (I Coríntios 13, Versículo 2).

RESUMO

O interesse por desvendar a história pretérita tem motivado o estudo de ambientes que preservam sequências de acúmulo de matéria orgânica, o que faz das veredas excelentes arquivos do paleoambiente e do paleoclima. Caracterizadas pela presença da palmeira buriti, e ocorrendo especialmente dentro do bioma Cerrado, as veredas encontram-se encaixadas ao longo de vales pouco profundos sobre as chapadas e chapadões do Brasil central. Poucos são os estudos de reconstituição que utilizam registros deste ambiente, e escassos são os conhecimentos para esta região. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi estudar um testemunho de solo da vereda Pau Grande (PG), inserida no Parque Nacional Grande Sertão Veredas (Chapada Gaúcha-MG), com fins de reconstituir o cenário pretérito da região norte de Minas Gerais, em uma abordagem multi-proxy, incluindo a obtenção de dados polínicos e geoquímicos (elementar e isotópico) combinados com estratigrafia, datações ^{14}C e estatística multivariada. A idade mais antiga, obtida da base do material orgânico do testemunho, foi de 33.347 anos cal AP, indicando que a formação do solo orgânico deu-se a partir do Pleistoceno Tardio. A partir da análise conjunta dos proxies, foi possível inferir cinco principais fases de mudanças paleoambientais. Fase I, entre ~34.000 - 27.408 anos cal AP, indicando alta instabilidade na bacia da vereda (momentos de forte erosão no local), alternâncias das vegetações com plantas C4 (típicas de um ambiente mais seco e mais aberto) e vegetações com mistura C3+C4 o que infere um clima seco nessa fase. Fase II, ~27.408 - 11.182 anos cal AP, englobando o Último Máximo Glacial (UMG), apresentou sinal essencialmente de plantas C4, rebaixamento do lençol freático e aumento da relação C/N, sugerindo que provavelmente o ambiente foi mais seco nesta fase em comparação à Fase I (e também o mais seco do registro Pau Grande). Fase III, ~11.182 - 6.043 anos cal AP, abrangendo a transição Pleistoceno-Holoceno inferior e Holoceno médio em que o ambiente no geral foi mais úmido em relação às fases anteriores II e I, devido ao sinal $\delta^{13}\text{C}$ evidenciar um provável aumento de plantas C3, aumento da matéria orgânica, presença de uma matéria orgânica mais humificada e mais halogenada e redução das taxas de decomposição da matéria orgânica. Fase IV, ~6.043 - 1.291 anos cal AP, incluindo o Holoceno médio até o Holoceno superior, caracterizando a fase mais úmida dos últimos 34 mil anos, com o maior predomínio de plantas C3, vegetação de mata úmida com estrato arbóreo bem desenvolvido, e é o momento mais estável local e regionalmente. Nessa fase houve desenvolvimento expressivo da vereda com a expansão da *Mauritia flexuosa* (buriti) e *Mauritiella armata* (xiriri). Fase V, ~1.291 anos cal AP até o presente, onde houve um retorno ao aumento das plantas C4, o aumento mais expressivo de algas, a presença de um Cerrado com a vereda e aumento da instabilidade no ambiente local (retorno a erosão na bacia). Assim houve um ressecamento do ambiente em relação a fase anterior e a presença da vereda pode indicar clima semiúmido e quente, como ocorre atualmente na região. A partir desse estudo houve um melhor entendimento da história evolutiva da paisagem, cujo o conhecimento poderá adicionar novas inferências para o modelo pelecliclimático brasileiro e prover informações para o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e para os programas de preservação de veredas.

Palavras-chaves: Bioma Cerrado; Organossolo; Análises palinológicas; Isótopos; Geoquímica; Mudanças climáticas.

ABSTRACT

The interest in unravelling the past has motivated the study of environments that preserve sequences of organic matter accumulation, where Veredas (palm swamps) are considered excellent archives of paleoenvironment and paleoclimate. These environments are characterized by the presence of the buriti palm and occur only within the Cerrado biome, inserted specially shallow valleys on the plains and plateaus of central Brazil. The reconstructio studies in veredas are few, and the knowledge about this region is scarce. Therefore, the general objective of this work was to study a testimony of soil from the vereda Pau Grande (PG), inserted in the Grande Sertão Veredas National Park (Chapada Gaúcha-MG), in order to reconstruct the past scenario of the northern region of Minas Gerais, in a multi-proxy approach, including obtaining pollen and geochemical data (elementary and isotopic) combined with stratigraphy, ^{14}C dates and multivariate statistics. The oldest age obtained from the base of the core was 33,347 years cal AP, indicating that the formation of the soil occurred from the Late Pleistocene. In this study it was possible to infer five main stages of paleoenvironmental changes. Phase I, between $\sim 34.000 - 27.408$ cal. years BP, indicating high instability in the vereda basin (moments of strong erosion at the site), alternations of vegetation with C4 plants (typical of a drier and more open environment) and vegetation with a C3 + C4 what inferred a dry climate in this phase. Phase II, $\sim 27.408 - 11.182$ cal. years BP, comprising the Last Glacial Maximum (LGM), showed a sign essentially of C4 plants, lowering the water table and increasing the C / N ratio, suggesting that the environment was probably drier in Phase II compared to Phase I (and also the driest in the Pau Grande record). Phase III, $\sim 11.182 - 6.043$ cal. years BP, encompassing the lower Pleistocene-Holocene and Middle Holocene transition in which the environment in general was more humid compared to the previous phases II and I, due to the signal $\delta^{13}\text{C}$ showing a probable mixture of plants C3 + C4, the increase in organic matter, the presence of a more humidified and more halogenated organic matter and a reduction in the decomposition rates of organic matter. Phase IV, $\sim 6.043 - 1.291$ cal. years BP, including the middle Holocene and extends to the upper Holocene. This is the wettest phase of the last 34 thousand years, with the greatest predominance of C3 plants, moist forest vegetation with a well-developed tree layer, and it is the most stable moment locally and regionally. In this phase there was an expressive development of the vereda with the expansion of *Mauritia flexuosa* (buriti) and *Mauritiella armata* (xiriri). Phase V, ~ 1.291 cal. years BP to the present): there was a return to the increase in C4 plants, the most significant increase in algae, the presence of a Cerrado with the presence of the vereda and increased instability in the local environment (return to erosion in the basin). Thus, there was a dryness of the environment in relation to the previous phase and the presence of the footpath may indicate a semi-humid and hot climate, as currently occurs in the region. From this study there was a better understanding of the evolutionary history of the landscape, whose knowledge may add new inferences to the Brazilian peloclimatic model and provide information for the Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade (ICMBio), and for the programs of preservation of veredas.

Key-words: Cerrado Biome; Histosols; Pollen analysis; Isotopes; Geochemistry; Climate changes.

LISTA DE FIGURAS

Mapa 1 – Localização das áreas dos trabalhos que tratam da reconstituição de paleoambientes quaternário no Cerrado com uso de registros de veredas.....	36
Figura 1 – Cenário dos últimos 32.000 anos AP reconstituído no âmbito da vegetação e clima.....	37
Mapa 2 – Localização da vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas.....	43
Figura 2 – A) Cerrado <i>stricto sensu</i> . B) Campo sujo. C) Transição entre campo sujo e mata de galeria ou transição entre campo sujo e vereda. D) Mata de galeria. E) Vereda.....	45
Figura 3 – Descrição dos horizontes e conteúdo do testemunho da vereda Pau Grande.....	53
Figura 4 – Correlação entre os atributos do solo orgânico do testemunho da vereda Pau Grande.....	60
Figura 5 – Modelo idade-profundidade do testemunho da vereda Pau Grande.....	62
Figura 6 – Teores de COT, N, C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do solo da vereda Pau Grande em relação a profundidade e idade.....	64
Figura 7 – Concentrações (em g kg^{-1}) de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca do testemunho da vereda Pau-Grande.....	69
Figura 8 – Concentrações ($\mu\text{g g}^{-1}$) de Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br do testemunho da vereda Pau-Grande.....	70
Figura 9 – Fracionamento das comunalidades das variáveis geoquímicas utilizadas na Análise por Componentes Principais (PCA) das amostras da vereda Pau Grande.....	74
Figura 10 – Distribuição dos escores fatoriais das quatro componentes principais extraídas da composição geoquímica do testemunho da vereda Pau Grande.....	76
Figura 11 – Diagrama de percentagem regional, organizados por hábitos das plantas, do testemunho da vereda Pau Grande.....	81
Figura 12 – Diagrama de percentagem regional, organizados por hábitos das plantas, do testemunho da vereda Pau Grande.....	82
Figura 13 – Diagrama de percentagem regional, organizados por hábitos das plantas, do testemunho da vereda Pau Grande.....	83
Figura 14 – Diagrama de percentagem local do testemunho da vereda Pau Grande.....	84
Figura 15 – Diagrama de percentagem local do testemunho da vereda Pau Grande.....	85
Figura 16 – Integração dos dados verificados no testemunho da vereda Pau Grande.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos morfológicos, físicos e químicos do solo orgânico do testemunho da vereda Pau Grande.....	55
Tabela 2 – Datações radiocarbônicas por ^{14}C do solo orgânico do testemunho da vereda Pau Grande. Idades convencionais corrigidas para o fracionamento isotópico natural (-25‰) e idades calibradas (cal) pelo modelo de idade-profundidade.....	62
Tabela 3 – Factor loadings para as quatro componentes principais obtidas pela Análise por Componentes Principais (PCA).....	73
Tabela 4 - Listas dos tipos polínicos e não polínicos (NPP's) agrupados pelos tipos de fitofisionomias e indicadores ambientais.....	78

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	Arbóreas
AA	Arbóreas e arbustivas
AAA	Arbóreas, arbustivas e subarbustivas
Al	Alumínio
AMS	Accelerator Mass Spectrometry
AP	Antes do presente
APG	Angiosperm Phylogeny Group
AR	Arbustivas
AS	Arbustivas e subarbustivas
Br	Bromo
C	Carbono
Ca	Cálcio
CAM	Metabolismo Ácido das Crassuláceas
CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
C/N	Razão carbono e nitrogênio
COT	Carbono orgânico total
Cu	Cobre
DS	Densidade do Solo
Dmo	Densidade da matéria orgânica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	Ferro
FE	Teor de fibras esfregadas
FNE	Teor de fibras não esfregadas
FUNATURA	Fundação Pró-Natureza
H	Hidrogênio
HAS	Arbustivas, subarbustivas e herbáceas
HASA	Arbóreas, arbustivas, subarbustivas e herbáceas
HASLA	Arbóreas, arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas
HCl	Ácido clorídrico
HF	Ácido fluorídrico
HP	Horse-power

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBt	Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
ICA	Instituto de Ciências Agrárias
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
K	Potássio
L	Lianas
LAC	Laboratório de Radiocarbono
LASA	Arbóreas, arbustivas, subarbustivas e lianas
LASH	Arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas
LIH	Lianas e herbáceas
LIPEMVALE	Laboratório Integrado de Pesquisas Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Mg	Magnésio
MM	Material Mineral
MOS	Matéria orgânica do solo
N	Nitrogênio
Nb	Nióbio
NPP	Palinomorfos não polínicos
O	Oxigênio
P	Fósforo
Pb	Chumbo
PARNA	Parque Nacional
PCA	Principal Components Analysis
PG	Vereda Pau Grande
pH	Potencial hidrogeniônico
RM	Resíduo Mínimo
RPM	Rotações por minuto
S	Enxofre
S	Subarbustivas
Si	Silício
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SUH	subarbustivas e herbáceas
Th	Tório

Ti	Titânio
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFVJM	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
UGAMS	Laboratório AMS da Universidade da Geórgia (EUA)
UnB	Universidade de Brasília
USP	Universidade de São Paulo
Y	Ítrio
Zr	Zircônio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Veredas: ambientes de formação, seus solos e potencialidades	21
3.2 Proxies em estudos de reconstituição de paleoambientes quaternários	23
3.2.1 <i>Palinologia</i>	24
3.2.2 <i>Isótopos</i>	26
3.2.2.1 <i>Isótopos Estáveis</i>	26
3.2.2.1.1 <i>Isótopos de Carbono</i>	26
3.2.2.1.2 <i>Isótopos de Nitrogênio</i>	28
3.2.2.2 <i>Isótopo instável ou radioativo</i>	29
3.2.3 <i>Geoquímica</i>	30
3.2.3.1 <i>Geoquímica orgânica</i>	30
3.2.3.2 <i>Geoquímica inorgânica</i>	31
3.3 Veredas como arquivos de mudanças paleoambientais	34
4 METODOLOGIA	42
4.1 Área de estudo	42
4.2 Atividades de campo	46
4.2.1 <i>Amostragem do testemunho</i>	46
4.2.2 <i>Amostragem das plantas e coleta de material polínico destinada à palinoteca</i>	47
4.3 Determinações analíticas	47
4.3.1 <i>Descrição estratigráfica e sub-amostragens de solos do testemunho</i>	47
4.3.2 <i>Caracterização do solo</i>	47
4.3.3 <i>Identificação botânica</i>	48
4.3.4 <i>Composição isotópica ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$)</i>	48
4.3.5 <i>Análise do ^{14}C das amostras de solo</i>	48
4.3.6 <i>Determinação geoquímica</i>	49
4.3.7 <i>Análise palinológica</i>	50
4.4 Análise estatística	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 Descrição do testemunho	53
5.2 Caracterização do solo	54

5.2.1 Cor.....	54
5.2.2 Fibras não esfregadas e fibras esfregadas (FNE e FE).....	56
5.2.3 Grau de decomposição do solo: Escala de von Post	57
5.2.4 Material Mineral (MM) e Resíduo Mínimo (RM)	57
5.2.5 Densidade do solo (Ds), Densidade da matéria orgânica (Dmo) e Umidade gravimétrica (Ug)	58
5.2.6 pH.....	59
5.2.7 Matéria orgânica (MO) e Carbono orgânico (Corg)	59
5.2.8 Integração dos atributos caracterizados	59
5.2.9 Classificação	61
5.3 Datações radiocarbônicas.....	61
5.4 Composição geoquímica	64
5.4.1 Geoquímica orgânica	64
5.4.2 Geoquímica inorgânica	68
5.4.3 Agrupamentos geoquímicos - Análise por Componentes Principais (PCA)	72
5.5 Palinologia.....	77
5.5.1 Palinozona Ia (4.019 a 2.603 anos cal AP).....	80
5.5.2 Palinozona Ib (2.603 a 2.232 anos cal AP).....	87
5.5.3 Palinozona I/II (2.232 a 1.376 anos cal AP)	88
5.5.4 Palinozona II (1.376 a 797 anos cal AP)	90
5.6 Cronologia dos últimos 34 mil anos	91
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
REFERÊNCIAS.....	97
ANEXO	115
APÊNDICE	126

1 INTRODUÇÃO

Estudos de reconstituição paleoambiental tem como finalidade entender as dinâmicas ambientais pretéritas ocorridas ao longo do tempo, na maior parte resultantes de causas naturais, mas também com possibilidades de serem averiguadas aquelas induzidas pelo homem. Também, estes estudos são essenciais para a compreensão dos processos ambientais modernos (WANNER et al., 2008; SUGUIO, 2010), e possibilitam a previsão de mudanças principalmente no que tange ao clima, vegetação, eventos erosivos, momentos de estabilidade da paisagem, níveis de poluição, entre outros aspectos (HORÁK-TERRA et al., 2020).

As áreas úmidas, internacionalmente conhecidas pelo termo inglês *wetlands* (GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018), cobrem 20% do território brasileiro (JUNK et al., 2015) e são consideradas de grande relevância mundial em termos ambientais. Essas apresentam uma diversidade específica de fauna e flora, atuam na recarga de aquíferos, na melhoria da qualidade da água, na retenção de carbono orgânico, na regulação de ciclos biogeoquímicos, no controle de inundações e na regulação do clima (GOMES, 2017a).

Em se tratando de ambientes capazes de acumular e preservar sequências de material orgânico autóctone durante milhares de anos, assim como as turfeiras (BLACKFORD, 1993; CHARMAN, 2002; WEISS et al., 2002; MULLER et al., 2008; LEDRU, MOURGUIART e RICCOMINI, 2009; DOMMAIN et al., 2011; HORÁK-TERRA et al., 2015; SWINDLES et al., 2018; HORÁK-TERRA et al., 2020), as veredas também são ideais e de grande potencial para os estudos de reconstituição de paleoambientes (BARBERI-RIBEIRO, 1994; FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABOURIAU, 1996; MEYER e HORN, 2010; LORENTE, CASSINO e MEYER, 2013; PIRES, MEYER e GOMES, 2016; GOMES, MEYER e PESSEDA, 2017; MARTINHO e CAMINHA, 2018). O elevado acúmulo de matéria orgânica, que permite a formação de solos orgânicos, se deve a baixa taxa de decomposição dos restos de vegetação resultantes de um ambiente anóxico, no geral em áreas ligeiramente deprimidas. Encontradas em especial no bioma Cerrado, as veredas localizam-se encaixadas nos canais de drenagens sobre as chapadas e chapadões do Brasil Central na base de encostas, vales e nascentes, e são reconhecidas pela presença da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) emergindo em meio a um estrato herbáceo contínuo (AUGUSTIN et al., 2009; RIBEIRO e WALTER 2008).

As veredas tem um papel fundamental no equilíbrio geocológico do Cerrado, protegendo nascentes e fornecendo água, contribuindo principalmente para a manutenção de córregos e rios a elas conectados à jusante destes sistemas (MELO, 1992; RAMOS et al., 2006).

Este ecossistema fornece ainda alimento e abrigo para a fauna silvestre (BRIGHTSMITH e BRAVO, 2006; FAGUNDES e FERREIRA, 2016), além de sua relevância socioambiental (SAMPAIO et al., 2008).

O estudo polínico, tratada como Palinologia, é uma das ferramentas que mais tem sido utilizada para o entendimento destes ambientes. Isso porque a técnica além de permitir a obtenção de informações de elevada abrangência, local, regional e até mesmo global (grãos de pólen trazidos de longas distâncias), também possibilita a identificação dos principais gêneros, famílias e, algumas vezes espécies da vegetação pretérita (JACKSON, 1994; SALGADO-LABORIAU, 2007).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ são utilizados em estudos paleoambientais, principalmente na interpretação relativa à origem da matéria orgânica preservada no solo, discriminado entre plantas de ciclos fotossintéticos C3, C4 e CAM nas comunidades vegetais pretéritas (ORTIZ et al., 2004). Como a matéria orgânica do solo tende a ter uma composição isotópica similar à da cobertura vegetal, os valores isotópicos não são alterados com o passar do tempo (MARTINELLI et al., 2009).

A composição $\delta^{15}\text{N}$ é um indicador de alterações na utilização do nitrato, da desnitrificação e fixação de N_2 , que por sua vez permite distinguir a origem da matéria orgânica do solo (LEHMANN et al., 2002). Valores enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$ no solo são indicativos de algas (+8,5‰), enquanto valores empobrecidos indicam plantas terrestres (+0,5‰) (PETERSON e HOWARTH, 1987). No entanto, em comparação ao $\delta^{13}\text{C}$, o uso do $\delta^{15}\text{N}$ nos estudos de reconstituição ambiental ainda é escasso, devido à pequena discriminação isotópica, a menor abundância, e ao fato do ciclo do nitrogênio ser muito complexo (BOUTTON, 1996a).

A datação é uma técnica fundamental para entender a natureza dos eventos paleoclimáticos e determinar a sua cronologia. O método de datação mais difundido para o estudo de solos é o método baseado no isótopo radioativo ^{14}C (TRUMBORE, 2000). As plantas assimilam o ^{14}C pela fotossíntese e os animais pela alimentação. Como a taxa de produção na alta atmosfera do ^{14}C é tida como constante, a relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \sim 1,3 \times 10^{-12}$ encontrado no estoque de carbono atmosférico é muito próxima aquela encontrado nos organismos vivos (LIBBY, 1955; BROECKER, 2003). Com a morte do organismo, a assimilação do ^{14}C é interrompida. Por ser radioativo, o ^{14}C decai a uma taxa constante (meia vida de 5.730 ± 30 anos) (KRONBERG e BRENCHIMOL, 1993). Isto permite calcular a idade da matéria orgânica até o limite aproximado de 60.000 anos AP (antes do presente) (GOUVEIA et al., 2002).

A geoquímica dos materiais inorgânicos possibilita inferir sobre a evolução do ambiente de sedimentação/deposição. Mudanças na composição mineral do solo podem representar variações temporais da deposição atmosférica e no escoamento superficial nas bacias de drenagem (BORGES et al., 2007; DEOCAMPO et al., 2010). Além do mais, as variações nos teores elementares podem estar relacionadas com a geologia da região, uso e ocupação da área do entorno, regime hidrológico e tipo de vegetação (PEREIRA et al., 2007; MAHIQUES et al., 2013).

Diversos estudos realizados (BARBERI-RIBEIRO, 1994; FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABOURIAU, 1996; LORENTE, MEYER e HORN, 2010; CASSINO e MEYER, 2013; PIRES, MEYER e GOMES, 2016; GOMES, MEYER e PESSENDA, 2017; MARTINHO e CAMINHA, 2018) disponibilizaram informações importantes relativas principalmente a paleovegetação dos atuais ambientes de Cerrado em Veredas. A partir destes trabalhos, o cenário dos últimos 32.000 anos AP foi reconstituído. No entanto, a abordagem multi-proxy para entender de maneira mais completa a evolução Quaternária integrando mudanças de vegetação – clima – dinâmica da paisagem – e possíveis níveis de contaminação no ambiente, até o momento, ainda não se tem na literatura. Nesse sentido, o presente trabalho tem como finalidade, e de maneira inédita, fornecer uma reconstituição detalhada da região norte do estado de Minas Gerais, utilizando como proxies a palinologia e a geoquímica elementar (orgânica e inorgânica) e isotópica (^{14}C , $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), complementadas pela estratigrafia e análises estatísticas multivariadas.

As veredas são vistas como potenciais arquivos da memória ecológica, devido a presença de solos orgânicos e condições redutoras, capazes de preservar diversos bio e geoindicadores. Tais características destes ambientes oferecem diversos proxies da dinâmica temporal e espacial da vegetação, clima, níveis de poluição e estabilidade da paisagem. Assim, a hipótese deste estudo partiu do pressuposto de que a utilização dos indicadores paleoambientais possibilita reconstituir cronologicamente a sequência de eventos marcados pelas mudanças no paleoambiente e no paleoclima.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi estudar um testemunho (perfil) de solo da vereda Pau Grande (PG), inserida no Parque Nacional Grande Sertão Veredas (Chapada Gaúcha-MG), com fins de reconstituir o cenário pretérito da região norte de Minas Gerais. Evidências referentes aos diferentes eventos ocorridos, principalmente os relacionados as mudanças na vegetação, clima e na estabilidade do ambiente, foram inferidos conjuntamente com a determinação dos principais fatores e processos caracterizadores deste ambiente. Para que tal objetivo fosse alcançada foram determinados os bioindicadores através do estudo palinológico, e os geoindicadores através do estudo geoquímico e isotópico da matéria orgânica do solo.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever a estratigrafia e caracterizar o solo do testemunho da vereda em estudo a partir de trabalhos de campo e da determinação dos atributos físicos, químicos e morfológicos dos solos estudados.
- Determinar e caracterizar os palinomorfos polínicos (grãos de pólen) e não polínicos - NPPs (esporos de pteridófitas, briófitas e fungos; zigosporos e colônias de algas; dinoflagelados; e outras formas de vida fossilizadas) preservados na vereda, para utilizá-los como bioindicadores das trocas de vegetação e variações climáticas.
- Determinar e caracterizar os geoindicadores: isótopos de C (^{14}C e $\delta^{13}\text{C}$) e N ($\delta^{15}\text{N}$), e a geoquímica orgânica (C, N, relação C/N) e inorgânica (elementos maiores e menores, elementos-traço litogênicos, elementos-traço metálicos e os halogênicos) preservados na matéria orgânica do solo, para, respectivamente, inferir as trocas de vegetação-variações climáticas e mudanças do ambiente.
- Correlacionar os bioindicadores e os geoindicadores, bem como todos os dados obtidos em campo, buscando interpretar a evolução deste ambiente desde sua gênese, inferindo os principais processos e fatores modificadores.
- Prover fontes de informação para o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e para os programas de preservação de Veredas como: Ramsar – *Convention on Wetlands* (BRASIL, 1996); Projeto Veredas – Save Cerrado; entre outros.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Veredas: ambientes de formação, seus solos e potencialidades

As veredas são consideradas áreas úmidas (JUNK et al., 2016), encontradas exclusivamente no Brasil Central. Ocorrem sobre as chapadas e chapadões, e são reconhecidas principalmente pela presença da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) (RIBEIRO e WALTER 2008; AUGUSTIN et al., 2009) emergindo em meio a um estrato herbáceo contínuo.

Carvalho (2015) define as veredas como fitofisionomia comum no bioma Cerrado, sendo uma comunidade vegetal localizada em áreas planas e encharcadas. O Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651/2012) define as veredas como fitofisionomia de savana, encontradas em solos hidromórficos, usualmente com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* - buriti emergente, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas (BRASIL, 2012). Queiroz (2015) concorda que o critério de solo hidromórfico é um caráter identificador da fitofisionomia e que, em suas definições deve ser o critério mais relevante para determinação do ecossistema.

Segundo Boaventura (1978, 1981) a formação das veredas é associada à ocorrência de três condições fundamentais: (i) a existência de superfícies de aplainamento; (ii) a superposição de camadas geológicas litificadas ou de sedimentos inconsolidados, onde a camada superior é permeável e a inferior impermeável; (iii) e a condições de exorreísmo (caráter das regiões cuja rede hidrográfica está conectada com outra forma de água continental, ou seja, quando o escoamento das águas faz-se de modo contínuo até o mar ou oceano). Segundo este mesmo autor, as veredas são classificadas em função da sua localização no quadro geomorfológico regional como: veredas de encostas, veredas de superfície aplainada, veredas de sopé de escarpa, veredas de patamar e veredas várzea.

Em outro trabalho referente a este mesmo autor (BOAVENTURA, 2007), quatro zonas foram definidas diferenciando-se quanto a vegetação, topografia e solos, sendo elas: zona de infiltração, zona semiúmida, zona de encharcamento e zona do canal. A zona de infiltração encontra-se na porção mais externa da vereda, e geralmente apresenta vegetação herbácea em transição com cerrado mais arbustivo. A zona semiúmida, com vegetação herbácea, localiza-se onde se inicia a umidade mais caracterizada. A zona de encharcamento, área mais alagada, situa-se onde pode ou não haver o afloramento do lençol freático extravasando no canal, e há o predomínio de solos orgânicos. E, por fim, a zona do canal, que se refere ao canal de drenagem que pode ocorrer, onde há o escoamento da água superficial pelo solo turfoso.

No Brasil, grande parte dos trabalhos sobre vegetação em veredas indicam a ocorrência de formações herbáceas e gramíneas (OLIVEIRA et al., 2009; ARAÚJO et al., 2013; RESENDE et al., 2013). O estrato herbáceo é representado principalmente por espécies da família Poaceae, destacando-se os gêneros *Andropogon*, *Aristida*, *Paspalum* e *Trachypogon*; Cyperaceae (*Bulbostylis* e *Rhynchospora*) e Eriocaulaceae (*Paepalanthus* e *Syngonanthus*) (RAMOS et al., 2014). No estrato arbustivo e subarbustivo, destacam-se os gêneros das famílias Melastomataceae e Rubiaceae (CARVALHO, 1991; ARAÚJO et al., 2002).

No entanto, há uma exceção em estudos realizados nas veredas do norte do estado de Minas Gerais, que apresentam composição florística diferente, com formações florestais dominadas por árvores individuais, especialmente Annonaceae, Anacardiaceae, Urticaceae e Fabaceae (BAHIA et al., 2009a; GAYA, 2014). Devido principalmente a escassez de estudos que caracterizam as veredas e complexidade desse tipo de formação vegetal, os critérios usados para definir esses ambientes ainda não são suficientes (SILVA e MAILLARD, 2011).

Nas veredas, os solos são formados sob condições de drenagem deficiente, ocasionada devido à proximidade do lençol freático à superfície do solo. Com isso há uma tendência para a formação de solos hidromórficos (CORRÊA, 1989; RAMOS 2000). Estes solos são caracterizados por se formarem em presença de água (CURI et al., 1993), são imperfeitamente a muito mal drenados, muito pobres quimicamente, fortemente ácidos (pH entre 4 e 5,4), com valores de saturação de bases muito baixos e alta saturação em alumínio (MELO, 2008).

Ramos et al. (2014) observaram em seus estudos que as veredas, em razão da influência do lençol freático, possuem solos hidromórficos em toda a sua extensão transversal (topossequência). No terço inferior das veredas, ocorrem predominantemente Organossolos (SANTOS et al., 2018) e, no terço superior, o solo frequentemente encontrado é o Gleissolo Háptico (SANTOS et al., 2018). Estes mesmo autores, encontraram ainda resultados em que há a presença de Gleissolo Melânico e Gleissolo Háptico no terço inferior das veredas avaliadas, fato este justificado pela ocorrência de um dreno profundo, que, propicia maior condição de drenagem favorecendo a formação dos mesmos.

Gleissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo, ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos (SANTOS et al., 2018). Enquanto que os Organossolos compreendem os solos pouco evoluídos morfologicamente, com preponderância de características devidas ao elevado acúmulo de material orgânico. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos - SiBCS (SANTOS

et al., 2018), os horizontes hísticos que definem esta classe devem conter teores de carbono orgânico superiores ou iguais à 80 g kg^{-1} (8%). Ainda, segundo o SiBCS, os Organossolos apresentam coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de resíduos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em duas principais condições: de drenagem restrita (ambientes de mal a muito mal drenados); ou saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso, como visto em ambientes úmidos e frios de altitudes elevadas (SANTOS et al., 2018).

Em ambientes sujeitos a forte hidromorfismo, pelo fato de o lençol freático permanecer elevado durante grande parte do ano, as condições anaeróbicas restringem os processos de mineralização da matéria orgânica e limitam o desenvolvimento pedogenético, conduzindo à acumulação expressiva de restos vegetais (BREEMEN; BUURMAN, 2002) nos mais variados graus de decomposição (matéria orgânica fíbrica, hêmica e sáprica - SANTOS et al., 2018). Nas veredas, os elevados teores de matéria orgânica associados ao hidromorfismo são condições ideais para a preservação de registros do paleoambiente e do paleoclima, permitindo a preservação e manutenção de diversos indicadores (pólen, fitólitos, espículas de esponja, carvão, entre outros) que servem de proxies dos cenários passados.

O Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis (Próvarzeas Nacional), Decreto Federal nº 86146/81, promovido na década de 1980, estimulou os agricultores a drenar áreas úmidas para expansão agrícola (ROSOLEN, 2014). Em compensação, a Declaração de Cuiabá sobre Zonas Úmidas, elaborada durante a 8ª Conferência Internacional de Zonas Úmidas do INTECOL em 2008 no Brasil, incentivou o país a preservar estas áreas, enfatizando que as áreas úmidas intactas podem amortecer os impactos das mudanças climáticas globais através do ciclo hidrológico e da manutenção da biodiversidade, e reduzir efeitos negativos para a economia, a ecologia e a sociedade (EMBRAPA, 2008).

O Código Florestal Brasileiro classifica as veredas como Áreas de Preservação Permanente (APP) encontradas em regiões de solos hidromórficos, das quais são protegidas por lei (BRASIL, 2012). Na década de 1990, o governo do Brasil aderiu à Convenção de Ramsar, convenção esta que reconheceu as funções ecológicas das zonas úmidas, permitindo ao país ter acesso a benefícios como cooperação técnica e apoio financeiro para promover o uso dos recursos naturais destas zonas de maneira sustentável (BRASIL, 1996).

3.2 Proxies em estudos de reconstituição de paleoambientes quaternários

O Quaternário abrange duas épocas com diferentes dinâmicas ambientais: o Pleistoceno, com uma maior duração, com cerca de 1,6 a 2 milhões de anos, e reconhecido como o mais frio

devido as glaciações; e o Holoceno, compreendendo os últimos 12 mil anos da história da Terra (SALGADO-LABOURIAU, 2007), representando a fase interglacial atual. Os estratos e objetos estudados deste período são os que guardam o maior número de informações, isso devido à existência de ambientes muitos bem preservados, não desmantelados e desgastados pelos muitos ciclos erosivos com o passar do tempo. Essa é a principal razão pelo elevado enfoque nesse período de tempo (HORÁK, 2009).

Dentre os proxies referentes aos estudos de reconstituição de paleoambientes, a Palinologia (FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABOURIAU, 1996; HORÁK, 2009; HORÁK-TERRA et al., 2015; PIRES, MEYER E GOMES, 2016; LUZ et al., 2017; HORÁK-TERRA et al., 2020); os isótopos estáveis e instáveis do carbono e do nitrogênio (SILVA et al., 2007; HORÁK, 2009; LUCENA et al., 2014; GOMES, MEYER E PESSEDA, 2017; HORÁK-TERRA et al., 2020); e os elementos orgânicos e inorgânicos das frações orgânicas e minerais dos solos (MARTÍNEZ CORTIZAS et al., 2002, BIESTER; MARTÍNEZ CORTIZAS; KEPPLER, 2006 HORÁK, 2009; SILVA, 2009; HORÁK-TERRA, 2014; HORÁK-TERRA et al., 2014; MORAES, et al., 2016; HORÁK-TERRA et al., 2020), são os que mais tem sido utilizados.

3.2.1 *Palinologia*

As variações climáticas e informações sobre a vegetação ocorridas durante o Quaternário são inferências que podem ser obtidas através de estudos que utilizam métodos químicos, físicos, geológicos, geomorfológicos e paleontológicos, entre os quais se destaca a Palinologia. É possível conhecer as mudanças ambientais que ocorreram no passado e seus impactos sobre os seres vivos, por meio de estudos dos grãos de pólen e esporos, associadas às datações (SALGADO-LABOURIAU, 2001). Deve-se considerar a inter-relação entre o ambiente físico e os organismos que nele habitam, com a finalidade de entender melhor os ambientes durante o período Quaternário (SUGUIO, 2010). Assim, é possível reconstituir ecossistemas, e estudar a sucessão vegetacional de uma determinada região frente às mudanças e oscilações climáticas.

A palinologia do Quaternário é a ciência que tem como objeto o estudo relativo aos grãos de pólen das angiospermas e gimnospermas, esporos das pteridófitas, licófitas e briófitas, cistos de dinoflagelados e microfósseis de sedimentos e solos terrestres e aquáticos (CARVALHO, 2011), dentre outros palinomorfos fossilizados. A base da análise palinológica foi definida no século XX, no ano de 1916, pelo geólogo sueco Lennart von Post, que em seus

estudos descobriu que os grãos de pólen e esporos se mantem preservados em ambientes redutores.

Os palinomorfos, polínicos e não polínicos, possuem tamanhos diminutos (alguns micrometros) e são compostos por complexos como quitina e esporopolenina, esse último presente na exina (parede externa) dos grãos. Tais complexos lhes conferem resistência física e química, respectivamente (SILVA, 2017). Estas particularidades proporcionam grande capacidade de preservação em distintos ambientes de sedimentação e formação de solos, desde que em condições adequadas de deposição (SALGADO-LABOURIAU 2007).

A presença da exina permite que os grãos preservem-se por milhares e até milhões de anos em ambientes redutores, tais como turfeiras, sedimentos de lagos, pântanos, veredas, estuários e sedimentos marinhos. Na parede externa dos palinomorfos encontra-se características morfológicas, como aberturas e elementos de ornamentação. Estes aspectos tornam possível a classificação em grupos taxonômicos (SALGADO-LABOURIAU, 1984; TRAVERSE, 2007).

Os grãos de pólen e esporos são geralmente produzidos em abundância e dispersos na atmosfera, que caem lentamente em camadas sucessivas sobre a superfície da terra. Estes quando depositados em ambientes sedimentares são sepultados, refletindo então a vegetação existente no período de deposição dos sedimentos (BAUERMANN, 2005) e/ou formação dos solos, o que possibilita uma boa representatividade tanto da vegetação local como da regional (pólen de longa distância transportados por correntes de ar fortes, de uma outra região que não a de estudo).

O conceito de uniformitarismo motiva as pesquisas palinológicas do Quaternário. Este permite a compreensão dos aspectos da vegetação atual de uma área registrada por uma assembléia polínica moderna (JACKSON, 1994). A flora moderna é basicamente a mesma desde o início do Quaternário. Com isso é possível comparar os palinomorfos fossilizados existentes em ambientes sedimentados ou de formação de solos no passado que são semelhantes aos atuais (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

As alterações nas frequências de palinomorfos preservados no solo podem ser usadas para explicar mudanças no clima que ocasionaram as mudanças na vegetação. Isso é possível devido aos distintos tipos de vegetação apresentarem táxons botânicos específicos. E uma vez definida uma associação de táxons indicadores de um tipo de vegetação na assembleia palinológica fóssil, é possível relacioná-los aos parâmetros climáticos (LEDRU, 2002).

Assim, a reconstituição da vegetação que existiu no passado pode ser feita a partir da análise dos palinomorfos contidos em uma amostra de sedimentos e solos depositados em um

determinado período. Esses, são constituídos por material resistente e foram preservados desde sua deposição. O conhecimento da vegetação que existiu em uma região e de sua evolução ao longo do tempo permite fazer inferências sobre variações na temperatura e na precipitação pluviométrica, possibilitando o estabelecimento de modelos para o paleoclima regional (CASSINO, 2011; HORÁK-TERRA et al., 2020).

A palinologia de solos e sedimentos quaternários é uma importante ferramenta para a compreensão das condições ambientais e reconstituições paleoambientais. Ela permite identificar os principais gêneros e famílias da vegetação pretérita, e algumas vezes espécies, de um determinado local, e permite inferir as condições do paleoclima local e regional com base nas características ecológicas dos táxons botânicos (TYSON, 1995; SALGADO-LABORIAU, 2007; TRAVERSE, 2007).

3.2.2 Isótopos

3.2.2.1 Isótopos Estáveis

Os isótopos estáveis ocorrem naturalmente na atmosfera, litosfera e biosfera (PESSENDA et al., 2005). A utilização destes em amostras ambientais é realizada através da determinação isotópica no material em estudo e nas suas possíveis fontes. A composição isotópica é a distribuição relativa dos isótopos de um dado elemento, geralmente expresso pelas razões dos isótopos pesados (raros) pelos leves (abundantes) (SAIA, 2006). Os resultados dessa composição são expressos em termos de desvio “ δ ” que representa partes por mil (‰), determinada em relação a um padrão (FRY, 2006).

O uso de isótopos em estudos de reconstituição paleoambiental fundamenta-se no fato de que a composição isotópica varia de forma previsível, conforme o elemento se movimenta pelo ecossistema (BOUTTON, 1996a). A composição isotópica do carbono e do nitrogênio são bastante sensíveis às alterações nas propriedades físico-químicas e biológicas do meio. Assim é possível inferir sobre as mudanças na disponibilidade do elemento e identificar as diferentes fontes da matéria orgânica (HERCZEGA et al., 2001; MEYER, 2003).

3.2.2.1.1 Isótopos de Carbono

O carbono possui naturalmente dois isótopos estáveis, o ^{12}C e o ^{13}C . Cerca de ~98,89% apresenta-se sob a forma de ^{12}C (leve), e apenas 1,11% na forma de ^{13}C (pesado) (PESSENDA et al., 2015). A razão entre $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ praticamente não se altera, porém, esta proporção não é igual em todos os materiais naturais devido ao fracionamento isotópico que ocorre durante processos físicos, biológicos e químicos. A variação isotópica é pequena nas plantas e matéria orgânica,

com materiais mais enriquecidos (os que apresentam valores mais altos de ^{13}C) diferindo dos menos enriquecidos ou mais empobrecidos (valores mais baixos de ^{13}C) em aproximadamente 2‰ ou 20 partes por mil (‰) (BOUTTON, 1996a). Essa relação é definida pela equação:

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = [(R \text{ amostra} - R \text{ padrão})/R \text{ padrão}] \times 1000$$

Onde $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

Os resultados são expressos na notação “ δ ” que indica empobrecimento ou enriquecimento do isótopo pesado comparado a um padrão internacional PDB (molusco fóssil *Belemnitella americana* da Formação Peedee da Carolina do Sul, EUA). O R padrão para o carbono é 0,0112372 (FARQUHAR et al., 1989). Os valores δ positivos indicam que a amostra apresenta uma razão isotópica maior que o padrão e possui mais espécies isotópicas pesadas comparadas com este (enriquecido). Valores negativos indicam que a amostra tem uma razão isotópica menor que aquela do padrão (empobrecido) (FRY, 2006).

A razão entre os isótopos estáveis de carbono pode indicar que tipo de vegetação deu origem a matéria orgânica dos solos estudados, uma vez que seus valores são resultados de como o produtor primário assimilou o CO_2 , ou seja, a trajetória assimilatória utilizada e o isótopo preferencialmente assimilado (KILLOPS e KILLOPS, 2005). As plantas discriminam $^{13}\text{CO}_2$ durante a fotossíntese como resultado das propriedades bioquímicas das enzimas que fixam carbono primário e das limitações do processo de difusão do CO_2 nas folhas (VOGEL, 1980; O’LEARY, 1988; FARQUHAR et al., 1989; COOKE e ROHLING, 2003). As composições isotópicas das plantas diferem amplamente e podem ser utilizadas para distinguir os diferentes ciclos fotossintéticos (C_3 , C_4 e CAM).

As plantas de ciclo C_3 são representadas pela maioria das plantas lenhosas (vegetação arbórea e arbustiva) e algumas gramíneas que se desenvolvem em áreas úmidas, compreendendo aproximadamente 85% das espécies de plantas (MENDONÇA, 2010). Essas plantas assimilam CO_2 por meio do ciclo de Calvin-Benson, em que o CO_2 atmosférico é reduzido à fosfoglicerato via enzima ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (RUBisCO) (CALVIN; BENSON, 1948). Plantas C_3 apresentam valores $\delta^{13}\text{C}$ que variam de -32 a -22‰, com uma média de -27‰, que são valores mais empobrecidos em relação às plantas C_4 (BOUTTON, 1991, 1996; O’LEARY, 1988).

As plantas de ciclo C_4 são representadas pelas gramíneas, geralmente de ambientes mais secos e mais abertos (campo), e compõem cerca de 5% das espécies de plantas. Gramíneas C_4 reduzem o CO_2 a ácido oxalacético via enzima carboxilase fosfoenolpiruvato (PEP) (CALVIN;

BENSON, 1948). Essas plantas apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ que variam de -9 a -17‰, com uma média de -13‰ (BOUTTON, 1996a).

As plantas CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) são representadas pelas famílias Crassulaceae, Euphorbiaceae, Orchidaceae, Bromeliaceae e Cactaceae, compondo aproximadamente 10% das espécies de plantas. Possuem mecanismos de fixação do CO_2 similar as plantas C_4 , porém realizam somente à noite, minimizando a perda de água. Existem as CAM facultativas, que são plantas CAM que realizam o ciclo C_3 sobre determinadas condições ambientais (OSMOND et al., 1982). Plantas CAM apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ de -28‰ a -10‰ (BOUTTON, 1991; O'LEARY, 1988).

3.2.2.1.2 Isótopos de Nitrogênio

Em estudos de reconstituição paleoambiental, os isótopos estáveis do nitrogênio (^{14}N e ^{15}N) são menos utilizados do que os do carbono. Este fato pode ser explicado devido a fatores como a menor abundância fracional de ^{15}N do que de ^{13}C na biosfera, a pequena discriminação observada na natureza e o ciclo do nitrogênio ser mais complexo que o ciclo do carbono (BOUTTON, 1996b).

A aplicação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ para identificar as fontes de matéria orgânica é estabelecida pela diferença entre a razão $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de reservatórios de nitrogênio disponíveis para as plantas, tanto aquáticas, quanto terrestres. A razão $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ é expressa na notação “ δ ” e indica as fontes que originaram a matéria orgânica dos solos, em que valores mais enriquecidos indicam algas (+8,5‰) e os valores mais empobrecidos indicam plantas terrestres C_3 (+0,5‰) (PETERSON e HOWARTH, 1987).

Usa-se a seguinte equação para a definição de $\delta^{15}\text{N}$:

$$\delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = [(R \text{ amostra} - R \text{ padrão}) / R \text{ padrão}] \times 1000$$

Onde $R = ^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$.

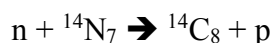
O R padrão para o nitrogênio é de 0,0036765 e o padrão utilizado para expressar as razões isotópicas de nitrogênio são os valores do N atmosférico (FRY, 2006). Segundo Peterson e Howarth (1987), as fontes de matéria orgânica de sedimentos marinhos podem ser distintas a partir dos valores de $\delta^{15}\text{N}$. Estas podem ser aquáticas ou terrestres, com as algas apresentando valores de $\delta^{15}\text{N}$ bastantes enriquecidos +6 a +10‰, as plantas C_4 com valores próximos de

+6‰, e as plantas C3 com valores próximos de 0‰ ($\delta^{15}\text{N}$ atmosférico) (PETERSON e HOWARTH, 1987).

3.2.2.2 *Isótopo instável ou radioativo*

O método de datação baseado no isótopo radioativo ^{14}C foi desenvolvido por Willard Frank Libby em 1949 (LIBBY et al., 1949) e é o mais utilizado em estudos paleoambientais do Pleistoceno Superior e Holoceno (TRUMBORE, 2000).

O ^{14}C é formado naturalmente na alta atmosfera pela colisão de um nêutron, originado da ação de raios cósmicos, com um átomo de ^{14}N . Essa colisão faz com que o ^{14}N tenha um nêutron absorvido pelo núcleo do nitrogênio e emita um próton, convertendo-se em ^{14}C (BROECKER, 2003) conforme a equação:



Após isso, o ^{14}C é oxidado a $^{14}\text{CO}_2$ e entra no ciclo do carbono. As plantas assimilam o ^{14}C pela fotossíntese e os animais pela alimentação (LIBBY, 1995). Portanto, todos os seres durante a sua vida reabastecem continuamente com ^{14}C , ocorrendo um equilíbrio entre a atividade específica do ^{14}C em relação à do ambiente (LIBBY, 1995). Após a morte dos organismos, a troca de carbono com o ambiente cessa. O tempo da morte pode ser estabelecido pela determinação do ^{14}C . Assim, ocorre decaimento dos átomos de ^{14}C com uma meia-vida (tempo necessário para que a atividade se reduza a metade) de 5.730 ± 30 anos (KRONBERG e BRENCHIMOL, 1993), segundo a National Bureau of Standard em 1961. Por convenção, adota-se o valor de 5.568 ± 30 anos, valor inicialmente determinado na década 1950.

A datação ^{14}C tem um limite de detecção de ~60.000 anos AP (AP significa antes do presente, sendo o presente considerado o ano de 1950) (GOUVEIA et al., 2002). Através da atividade do ^{14}C no material estudado, a idade pode ser determinada pela equação:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Sendo que: A = atividade específica da amostra no tempo t qualquer; A_0 = atividade específica da amostra no tempo $t = 0$ (padrão ácido oxálico NIST); λ = constante de desintegração, sendo igual a $0,693/T$ (T = meia-vida do ^{14}C) e t = tempo decorrido após a morte do organismo.

A datação do ^{14}C tem sido realizada por duas técnicas, cintilação líquida ou “Accelerator Mass Spectrometry” (AMS). Através da técnica por cintilação líquida a medição da quantidade

de ^{14}C em uma amostra poder ser feita pela mensuração da radioatividade emitida pelos átomos restantes. Nessa técnica quanto menor a radioatividade detectada, menor a quantidade de ^{14}C . Já na técnica de “Accelerator Mass Spectrometry” (AMS) a datação baseia na contagem dos próprios átomos de ^{14}C existentes na atmosfera. Com isso, a técnica de AMS permite a datação de amostras um pouco mais antigas, menores e com menor margem de erro do que a técnica de cintilação líquida. (BROECKER, 2003).

Após a datação do ^{14}C é necessário a calibração das idades com os anos de calendário. DeVries (1958) verificou que as idades obtidas não correspondiam às idades de calendário conhecidas para algumas amostras e atribuiu tais desvios a alterações na relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ do CO_2 atmosférico, causadas por perturbações no fluxo de raios cósmicos para a atmosfera terrestre (BROECKER, 2003). As idades calibradas são expressas pela unidade anos calendário antes do presente – anos cal AP, sendo o presente (P) o ano de 1950, como já citado acima.

Considera-se o ano 1950 como o presente, devido ao fato de que a partir desta década houve um aumento da concentração de ^{14}C na atmosfera causado pelos testes nucleares realizados pelos Estados Unidos e União Soviética. Em janeiro de 1963 essa concentração dobrou em relação ao período anterior aos testes nucleares (BROECKER, 2003). Com finalização dos testes, a partir de 1965-1966, ocorreu a diminuição da concentração de ^{14}C na atmosfera, sendo atualmente encontrados valores similares ao início da década de 1950 (PESSENDA et al., 2015).

3.2.3 Geoquímica

A matéria orgânica preservada em materiais geológicos fornece um indicador direto de condições ambientais no momento de sua deposição e, por isso, é importante aos estudos paleoambientais. A determinação geoquímica permite inferir as condições climáticas e ambientais no período de sua deposição (CASTAÑEDA E SCHOUTEN, 2011).

3.2.3.1 Geoquímica orgânica

A concentração de carbono orgânico total (COT) é um importante indicador na abundância da matéria orgânica nos solos e sedimentos. A concentração da matéria orgânica nestes materiais é aproximadamente o equivalente ao dobro do valor de COT. A produção inicial de biomassa e o grau de degradação do mesmo influenciam as concentrações de COT (MEYERS, 2003).

A razão C/N é bastante utilizada na caracterização do aporte da matéria orgânica, sendo indicativa da evolução dos solos. A medida em que se aumenta a profundidade em um perfil, a

relação C/N aumenta. Este fato se deve principalmente a maior taxa de mineralização dos compostos orgânicos ricos em N (SWIFT, 1996), ao aumento da taxa de humificação concentrando mais o carbono orgânico (VALLADARES, 2003) e a diminuição dos teores de nitrogênio associados ao maior tempo de interação dos compostos orgânicos com a biota do solo (SILVA et al., 2007).

Esta relação pode ainda fornecer informações a respeito da natureza e origem da matéria orgânica, que pode estar associada a plantas terrestre ou aquáticas (MEYERS, 1997). Uma relação baixa (entre 4 e 10) é indicativa da presença de fitoplâncton e bactérias, pois estes apresentam nitrogênio orgânico abundante nas proteínas e ácidos nucléicos. Uma relação alta (maior ou igual a 20) indica plantas terrestres altas, pois estas são constituídas principalmente por lignina e celulose, sendo pobres em nitrogênio (TALBOT e JOANNESSEN, 1992). Uma relação com valores entre 10 e 20 sugere uma mistura de algas e plantas terrestre, ou uma degradação biológica (MEYERS, 1994).

A razão C/N analisada simultaneamente com a razão isotópica do carbono e nitrogênio ao longo do testemunho, fornece informações sobre as mudanças na fonte da matéria orgânica no decorrer do tempo. Assim, é possível discriminar as fontes da matéria orgânica de origens aquáticas ou terrestres combinando os valores de $\delta^{13}\text{C}$ com os valores da razão C/N (MEYERS, 1994).

3.2.3.2 Geoquímica inorgânica

A geoquímica dos materiais inorgânicos possibilita inferir sobre a evolução do ambiente de formação. Mudanças na composição mineral do solo podem representar variações temporais da deposição atmosférica e no escoamento superficial nas bacias de drenagem (BORGES et al., 2007; DEOCAMPO et al., 2010). Além do mais, as variações nos teores dos elementos podem estar relacionadas com a geologia da região, uso e ocupação da área do entorno, regime hidrológico e tipo de vegetação (PEREIRA et al., 2007; MAHIQUES et al., 2013).

Podem ser definidos como elementos maiores e menores (K, Ca, Fe, Ti, Si, Al, Mg, S, P), elementos-traço litogênicos (Th, Nb, Rb, Sr, Y, Zr), elementos-traço metálicos (Pb, Ni, Cu, Zn, Mn) e halogênicos (Br, Cl) (KABATA PENDIAS e PENDIAS, 2001). A determinação da concentração desses elementos reflete se os níveis são de fundo natural (*Background*), ou se são derivados de atividades antrópicas (os elementos são chamados de *Fatores de Enriquecimento*) ou de eventos catastróficos naturais (MARTÍNEZ CORTIZAS et al., 2001).

O termo elemento-traço tem sido usado para definir metais catiônicos e oxiânions presentes em baixas concentrações (usualmente $< 0,1 \text{ dag kg}^{-1}$) (PIERZYNSKI et al., 1994;

ESSINGTON, 2004) e estão presentes naturalmente em solos e em sistemas aquáticos superficiais e subsuperficiais mesmo que não haja perturbação antrópica do ambiente (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001).

A presença de elementos-traço no ambiente adquire notória importância, dado que alguns desses elementos, em determinadas quantidades são tóxicos para plantas e animais. Estes são bioacumuláveis e estáveis na natureza, se constituindo em fonte potencial e efetiva de poluição e contaminação (GUILHERME et al., 2005). A concentração e disponibilidade de constituintes inorgânicos no solo é regulada por uma série de reações físico-químicas, tais como potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução, complexação com ligantes orgânicos e inorgânicos, precipitação, solubilização e troca iônica (YARON et al., 1996). Por sua vez, os processos que governam a mobilidade de elementos-traço no solo perpassam por fatores de controle, tais como: a forma e natureza química do elemento; a natureza química e mineralógica do solo; características físicas; e atributos biológicos do solo (MCBRIDE, 1994).

No Brasil, os valores de background geoquímico estão relacionados principalmente a solos em condições oxidantes. Para solos hidromórficos de veredas, típicos das áreas úmidas do Brasil Central, não há valores estabelecidos (ROSOLEN et al., 2015). A concentração de *background* pode ser determinada de maneiras diferentes. Alguns autores utilizam concentrações já determinadas na região de estudo e tabeladas na literatura (YONGMING et al., 2005). Quando não há na literatura dados disponíveis para serem comparados, utiliza-se a concentração mínima determinada no estudo, ou a média da concentração de amostras da região de estudo que não se encontravam contaminadas. Moraes et al. (2016) ao estudarem veredas, optaram por utilizarem a concentração mínima determinada para cada elemento dentre as amostras de cada vereda.

Em solos de áreas úmidas, a mobilidade de elementos-traço depende de mecanismos de controle, como o conteúdo da matéria orgânica dissolvida e da presença de oxi-hidróxidos de Fe e Mn no solo. A estabilidade redox de oxi-hidróxidos de Fe e Mn é considerada um parâmetro importante para o controle da mobilidade de elementos-traço em solos de áreas úmidas, pela capacidade de estabilização desses elementos por adsorção ou co-precipitação. A matéria orgânica, devido à capacidade de complexação com elementos metálicos, também pode atuar como importante acumulante de elementos-traço no solo, sendo influenciada pelas variações do pH (GRYBOS et al., 2007). Elementos-traço em áreas úmidas existem em formas retidas, trocáveis e solúveis e a desestabilização redox de oxi-hidróxidos de Fe e Mn e a decomposição da MOS por microrganismos heterótrofos podem resultar na minimização do

tempo de retenção desses elementos inorgânicos em áreas úmidas (OLIVIE-LAUQUET et al., 2001).

Nos solos, a distribuição de chumbo (Pb) é bem associado ao conteúdo de hidróxidos de Fe e Mn, principalmente. A matéria orgânica do solo é atributo que muito contribui para adsorção de Pb, constituindo-se em um importante meio de complexação. A mobilidade do Pb, que naturalmente é lenta, pode ser acelerada pelo aumento da acidez do solo, pois o pH elevado do solo pode precipitar Pb na forma de hidróxidos, fosfatos ou carbonatos, promovendo a formação de complexos bastantes estáveis (KABATA-PENDIAS; PENDIAS; 2011). A determinação da concentração de Pb permite verificar episódios históricos como os observados na Espanha através do estudo geoquímico da turfeira de Penido Vello (MARTÍNEZ CORTIZAS et al., 2002), onde o início do Período Romano (2.000 anos AP), o início do Período Germânico (1.600 anos AP) e o início da Revolução Industrial até a introdução do uso da gasolina com Pb (1970-1980) foram constatados.

Turfeiras estudadas, tanto no Brasil (HORÁK-TERRA et al., 2015; 2020; Serra do Espinhaço Meridional), como em outros locais do mundo (TABOADA et al., 2006 na Espanha e MARGALEF et al., 2014 na Ilha de Páscoa), contendo solos orgânicos semelhantes aos encontrados em veredas, mostraram que os elementos Si, Al, K, Ti, Sr, Nb e Y ali contidos funcionam como indicadores de material mineral local (in situ), despreendidos em momentos de maior erosão da própria bacia de formação. Enquanto que, nestes mesmos estudos, os conteúdos de Al, K, Ti, Sr, Nb e Y indicam deposição de poeira transportada de longas distâncias (SCHUETZ, 1989; TABOADA et al., 2006; MARGALEF et al., 2014; HORÁK-TERRA et al., 2015).

Segundo Horák-Terra et al. (2020), o elemento Br tem como principal fonte os oceanos. Ele atinge o solo por precipitação e acumula-se nos compostos organo-halogenados, portanto, indicando atividades de circulação atmosférica elevadas e/ou momentos mais úmidos (BIESTER; MARTÍNEZ CORTIZAS; KEPPLER, 2006).

O Hg serve como indicador da temperatura e umidade no momento da deposição por meio da proporção de Hg natural (Hg_{NAT}), comumente obtida pelo modelo de regressão múltipla ajustado para as classes de estabilidade térmica de Hg_T (Hg total) da área de estudo (MARTÍNEZ CORTIZAS et al., 1999). Clima frio é verificado quando Hg_{NAT} ocorre em elevada proporção e clima quente quando em baixa proporção (distinção entre clima quente-úmido e quente-seco é possível, apresentando os de clima úmido valores ligeiramente superiores), refletindo maiores proporções, respectivamente, das classes de baixa estabilidade térmica e moderada ou elevada estabilidade térmica. Em meio a isso, atividades antrópicas

também podem ser registradas se Hg antrópico (Hg_{ANT}) estiver presente, definido pela relação $Hg_{ANT} = Hg_T - Hg_{NAT}$; concentrações de Hg_{ANT} geralmente são associados aos eventos históricos de ocupação humana e suas atividades nos respectivos períodos de tempo.

Pérez-Rodríguez et al. (2015, 2016) verificaram que as variações nas concentrações de Hg para a turfeira Pinheiro localizada na Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais) foram provavelmente influenciadas pelo clima. Os resultados indicam que a maior parte da variação temporal nas concentrações de mercúrio estão diretamente associada a alternâncias climáticas de períodos de umidade/seca e a processos como erosão e deposição atmosférica, que estavam fortemente relacionados às condições climáticas (PÉREZ-RODRIGUES et al., 2015).

A possibilidade de utilização das variações dos elementos traço-litogênicos como o Ti, Zr, Sc, Rb, Sr e outros como *proxy* da intensidade do vento (SHOTYK et al., 2002) é possível já que esses são submetidos aos processos atmosféricos que controlam o transporte pelo vento e deposição desses, sendo fracionados no tempo e no espaço. O tamanho, a massa e a concentração desses elementos mudam drasticamente, sendo os de maior tamanho, entre 10 e 20 μm , fortemente enriquecidos, enquanto que os de menor tamanho, abaixo de 5 μm , fortemente empobrecidos (SCHUETZ, 1989).

Até o momento, estudos que mostram variações geoquímicas em profundidade em ambientes de veredas de Minas Gerais, desde o momento de formação de seus solos e sedimentos e que tenham enfoque em reconstituição de paleoambientes, são ainda desconhecidos. As poucas informações existentes a respeito de elementos geoquímicos nestes ambientes, referem-se a solos superficiais e são relacionadas as atividades de uso atual. Moraes e Horn (2010) encontraram elevados teores de Cr e Cd sob influência de atividades agrosilvopastoril. Em outro estudo, na mesorregião do Triângulo Mineiro, Rosolen et al. (2015) encontraram concentrações de As, Cr e Cu acima dos valores de referência de qualidade do solo estabelecidos pela resolução 420/2009 do CONAMA (CONAMA, 2009), podendo estar associados ao uso de insumos agroquímicos. Já Ribeiro et al. (2019) verificaram que os conteúdos de As, Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Mn e Fe nos solos de seis veredas cercadas por produções de pecuária-floresta da região do Triângulo Mineiro estavam abaixo dos valores limites estabelecidos pelas diretrizes brasileiras.

3.3 Veredas como arquivos de mudanças paleoambientais

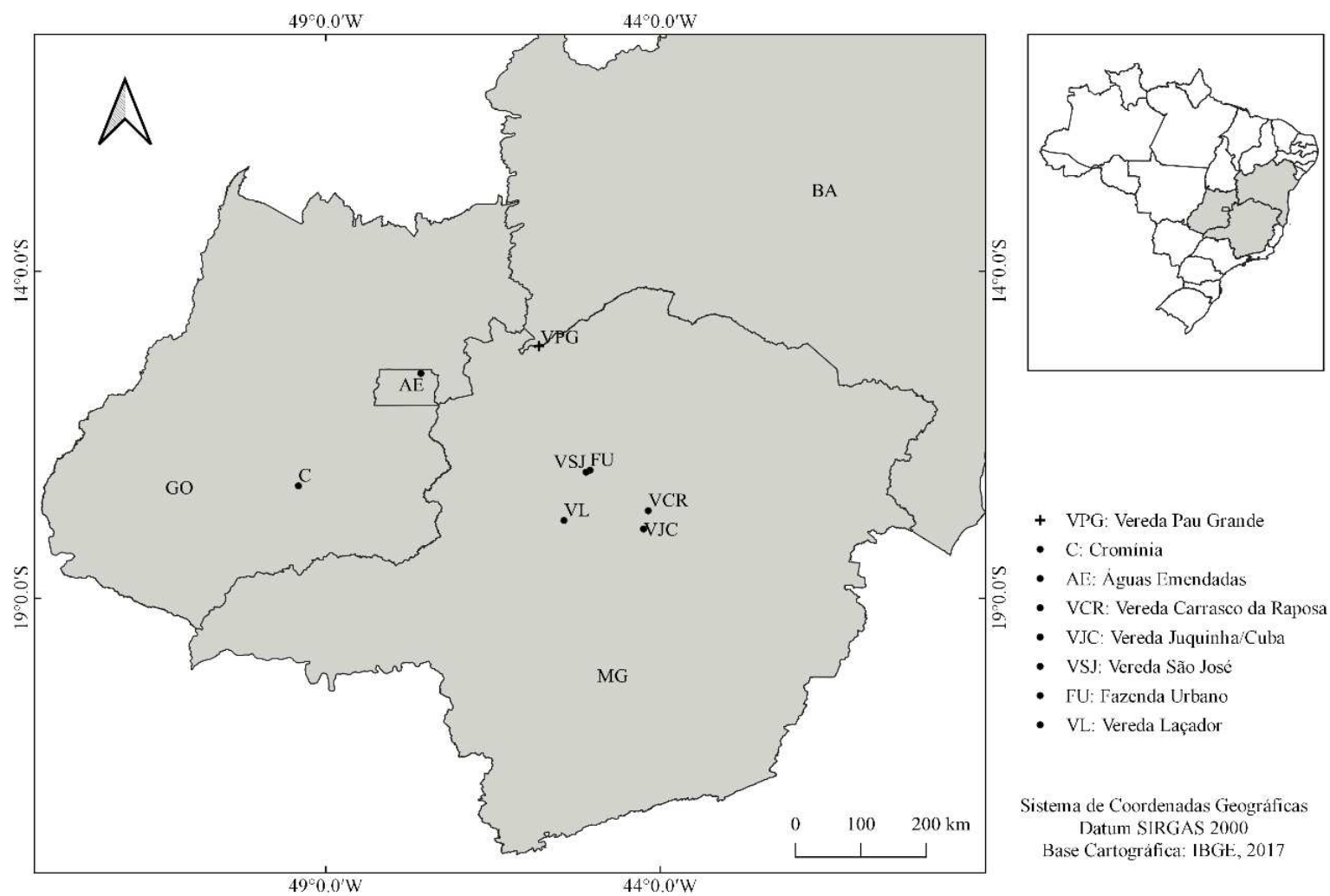
Por meio de um levantamento detalhado dos trabalhos que tratam da reconstituição de paleoambientes quaternários em atuais áreas de Cerrado com uso de registros de veredas (MAPA 1), verificou-se que os últimos 32.000 anos foram reconstituídos no âmbito da

vegetação e clima (FIGURA 1). No entanto, constatou-se que a maioria deles apresentam enfoque apenas palinológico, tais como os verificados em Ferraz-Vicentini e Salgado-Labouriau (1996) (vereda Cromínia), em Barberi-Ribeiro (1994) (Águas Emendadas), em Pires, Meyer e Gomes (2016) (vereda Juquinha/Cuba), em Martinho e Caminha (2018) (Vereda São José), em Lorente, Meyer e Horn (2010) (Fazenda Urbano) e em Cassino e Meyer (2013) (Vereda Laçador). Raros são os que abordam a palinologia associada a outro proxy, como o verificado em Gomes, Meyer e Pessenda (2017) (vereda Carrasco da Raposa), associando pólen e isótopos. Portanto, até o presente momento, trabalhos de caráter multi-proxy são ausentes, e, com isso, existe uma lacuna referente às informações mais integradas de vegetação-clima-ambiente, principalmente no norte de Minas Gerais.

O testemunho da vereda localizada próximo a Cromínia (GO), no Brasil central, estudado por Ferraz-Vicentini e Salgado-Labouriau (1996), foi datado em mais de 32.400 anos cal AP até ~3.500 anos cal AP. Anterior a 32.400 cal AP havia uma vereda e uma mata de galeria no local estudado (representados principalmente pelas famílias Rubiaceae e Myrtaceae), e a região no entorno foi ocupada por um cerrado arbóreo inferido pela presença de *Trema* e *Cecropia*. Isto indica que a distribuição da vegetação na região foi semelhante a atual sugerindo um clima quente e semiúmido. No intervalo de ~32.400 até ~28.300 anos cal AP os elementos arbóreos e arbustivos começaram a diminuir na região e havia a predominância de Poaceae, Cyperaceae e algas, o que indica que o clima foi úmido. De ~27.400 até ~18.500 anos cal AP a vereda foi substituída por uma lagoa rasa, inferido pela presença de esporos de samambaias aquáticas e algas (*Botryococcus* e *Debarya*), e a região no entorno foi um campo aberto (Poaceae e Cyperaceae). Essa fase foi muito úmida, e provavelmente mais fria que o presente, com a presença de *Ilex*. A diminuição na concentração de pólen, esporos e algas entre ~18.500 e ~11.300 anos cal AP sugere uma fase seca e talvez fria, devido à baixa frequência de elementos arbóreos e ausência de *Mauritia flexuosa* no final do Pleistoceno. A seca continuou no Holoceno superior, de ~11.300 até ~6.680 anos cal AP, e o local de coleta foi queimado, evidenciado pela grande quantidade de fragmentos de carvão e plantas queimadas, sugerindo uma estação seca mais prolongada do que a atual. De ~6.680 até ~3.500 anos AP, a vereda de buriti (*Mauritia flexuosa*), a floresta de galeria (Myrtaceae) e o cerrado arbóreo (*Trema*, *Cecropia*) começaram a retornar à região indicando um aumento de umidade, sendo as condições climáticas semelhantes aos dias atuais (FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABOURIAU, 1996).

Em Águas Emendadas (DF), a análise palinológica de um registro de vereda estudado por Barberi-Ribeiro (1994) relata variações na composição da vegetação e inferências sobre as

Mapa 1 - Localização das áreas de trabalhos que tratam da reconstituição de paleoambientes quaternário no Cerrado com uso de registros de veredas



mudanças climáticas dos últimos 26.000 anos AP. No período entre $\sim 25.790 \pm 70$ anos AP e ~ 23.380 anos AP, houve o início da formação de um pântano, inferido pela presença de Cyperaceae e *Drosera*, com uma vegetação regional herbácea (Asteraceae e Pontedericeae), poucos esporos de pteridófitas e algas de ambiente úmido. Entre ~ 23.400 e ~ 21.400 anos AP relata-se um clima mais úmido e mais frio que o período anterior, devido ao aparecimento de tipos polínicos arbóreos de clima ameno (*Ilex*, *Hedyosmum* e Ericaceae). Houve a desertificação da área no intervalo de $\sim 21.450 \pm 100$ anos AP até $\sim 7.220 \pm 50$ anos AP, diminuindo a concentração de palinomorfos, o que foi sugerido pelos autores como um clima seco (semi-árido). A partir de $\sim 7.220 \pm 50$ anos AP, condições de maior umidade e temperatura, que o período anterior são relatadas devido ao aumento da concentração de pólen e esporos. Neste período ocorreu a implantação da vereda com a presença de *Mauritia flexuosa*. Em ~ 4.000 anos AP, a vegetação de vereda desenvolveu-se sugerindo um clima sazonal similar ao ocorrido na atualidade (BARBERI-RIBEIRO, 1994).

Na vereda Carrasco da Raposa, localizada no Parque Estadual da Serra do Cabral (MG), Gomes, Meyer e Pessenda (2017) ao estudarem os sedimentos da vereda através da palinologia associada às datações ^{14}C e dados isotópicos de C e N, estabeleceram as condições paleoambientais e paleoclimáticas dos últimos 21.150 anos cal AP na região do Parque. No período de ~ 21.150 a ~ 18.850 anos cal AP, o clima foi mais frio e menos úmido que o atual, devido à presença de elementos arbóreos como *Podocarpus*, *Ilex*, *Drymis* e Ericaceae. Neste mesmo intervalo de tempo, os valores do sinal isotópico do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) variaram entre -24‰ a -21‰, o que indica predomínio de plantas C3, com provável mistura de C4. Os valores da relação C/N foram de 1,5 a 11,5 e indicam predomínio de algas na matéria orgânica. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram de 3,5‰ a $\sim 1,0$ ‰ o que indica uma mistura de matéria orgânica de algas e plantas terrestres. Com isso, infere-se então o predomínio de Formações Campestres: Campo Sujo Úmido e Campo Rupestre (Poaceae, Cyperaceae, Tipo *Baccharis*, Tipo *Borreria*, Tipo *Vernonia*), associadas a traços de Formações Florestais (*Roupala*, *Cecropia*, Ericaceae, Araliaceae). Entre ~ 18.850 até ~ 3.550 anos cal AP, o clima foi mais quente e mais úmido, apoiado pela associação dos gêneros *Eryngium*, *Hedyosmum*, *Alternanthera* e o Tipo *Gnaphalium*, que sugerem ambientes encharcados ou muito úmidos, o que permite inferir a presença de Campo Sujo Úmido, além de Campo Rupestre (*Mimosa*, *Cuphea*, *Alternanthera*), associadas a elementos de mata típicos do Cerrado (*Roupala*, *Myrsine*, *Senna*). Em torno de ~ 3.550 anos cal AP até o presente, a diminuição nos valores de C/N (1,5 a ~ 6) confirmou um ambiente alagado e com maior influência algal na composição da matéria orgânica sedimentar. A partir de ~ 1.650 anos cal AP o padrão climático registrado foi semelhante ao atual (clima

semiúmido) em direção ao topo do perfil, quando houve a instalação da vereda, com a ocorrência de buriti (*Mauritia flexuosa*) (GOMES, MEYER e PESSEDA, 2017).

O estudo polínico do testemunho da vereda Juquinha/Cuba localizada no Parque Estadual da Serra do Cabral, na região Centro-Norte de Minas Gerais, realizado por Pires, Meyer e Gomes (2016), permitiu reconstituir a evolução paleoambiental dos últimos ~18.500 anos cal AP. No intervalo de ~18.500 a ~8.250 anos cal AP, as condições climáticas foram úmidas e mais frias que as atuais, evidenciadas pela presença de *Podocarpus* e *Drimys brasiliensis* no espectro polínico. No período entre ~8.250 e ~7.800 anos cal AP, houve a diminuição de elementos típicos de ambientes úmidos, como *Eryngium*, *Hydrocotyle* e *Peperomia*, o que infere a ocorrência de um ressecamento da zona úmida, deixando as camadas superiores expostas à erosão. A partir de ~7.800 anos cal AP, deu-se início a uma fase mais úmida e mais quente do que a anterior e, por volta de ~4.200 anos cal AP, houve o surgimento da vereda (ocorrência de *Mauritia flexuosa*). Essas condições climáticas foram favoráveis ao surgimento de elementos típicos de mata, representados principalmente pelos táxons Bombacaceae, *Cabralea* e *Heteropteris*, e Cerrado *stricto sensu* com a presença de árvores como *Caryocar brasiliensis*, *Eriotheca*, *Sapium* e *Erythroxylum* ao redor da vereda, que atingiram o seu pico entre ~7.800 e ~2.900 anos cal AP. A partir de ~2.900 anos cal AP, não houve mudanças drásticas em relação ao período anterior, a umidade continuou e o clima quente semelhante ao atual estabeleceu-se. Em ~400 anos cal AP, a vereda expandiu-se. A vegetação ao redor da vereda continuou sendo composta por elementos de Cerrado *stricto sensu* (Eriacaceae, *Eriotheca* e *Stryphnodendron*) e de matas (*Ilex* sp.), mas com percentagens menores, semelhantes à vegetação atual da região (PIRES, MEYER e GOMES, 2016).

Na vereda São José, município de Buritizeiro (MG), Cassino, Martinho e Caminha (2018) realizaram um estudo polínico que permitiu a interpretação da dinâmica ambiental passada para a região. Entre ~15.700 e ~15.400 anos cal AP, o clima foi mais frio e havia ausência da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*). Cerca de ~15.200 anos cal AP, houve ocorrência de *Mauritia flexuosa* e o desenvolvimento do cerrado *Stricto Sensu* e Cerradão com presença de árvores como *Curatella americana* e *Caryocar brasiliensis*, indicando um clima mais quente. Na transição Pleistoceno-Holoceno, há indícios de clima mais úmido, evidenciado pela ocorrência de espécies como *Hedyosmum brasiliense* e *Euplassa*. No intervalo de ~14.600 e ~11.000 anos cal AP, a vereda encontrava-se bem estabelecida, e ainda havia frequências relativamente altas de Asteraceae e Melastomataceae, inferindo um clima semiúmido e quente, com estação de seca provavelmente mais curta. Em ~6.500 anos cal AP, registrou-se um aumento significativo de pólen de *Mauritia flexuosa* e um elevado aumento na concentração

total de grãos de pólen, o que pode inferir um grande aumento na umidade. Condições de clima úmido mantiveram-se até ~3.500 anos cal AP. A partir de ~3.500 anos cal AP, houve um aumento de pólen de *Curatella americana*, táxon característico de vegetação de Campo Sujo, o que indica o retorno de condições relativamente secas (CASSINO, MARTINHO e CAMINHA, 2018).

Na vereda da fazenda Urbano, também no município de Buritizeiro (MG), a análise palinológica realizada por Lorente, Meyer e Horn (2010) possibilitou a interpretação das mudanças paleoambientais e paleoecológicas a partir do final do Pleistoceno para a região. No período entre $\sim 13.120 \pm 60$ e $\sim 11.640 \pm 60$ anos AP, havia o predomínio de grãos de pólen de Poaceae, Asteraceae, Rubiaceae e *Drosera*, que sugerem condições climáticas mais secas que as atuais, condições semelhantes ao clima semi-árido. Assim, a fitofisionomia associada a este intervalo de tempo foi a de Campo Limpo, com poucos arbustos e ausência de árvores. Entre ~ 11.640 e ~ 6.000 anos AP, há ausência de informações. Entre ~ 6.000 (idade interpolada) e $\sim 1.500 \pm 40$ anos AP, houve aumento na concentração de grãos de pólen de elementos arbóreos em direção ao topo do perfil, associando-se a este intervalo um mosaico dos tipos fitofisionômicos Campo Sujo e Cerrado *Stricto Sensu*, com presença de árvores como *Caryocar* e *Eriotheca*. A vereda estabeleceu-se a partir de ~ 6.000 anos AP marcado pelo aumento significativo de grãos de pólen de *Mauritia flexuosa*, o que sugere que o clima deveria ser semiúmido e quente, como ocorre atualmente na região (LORENTE, MEYER e HORN, 2010).

A análise palinológica do testemunho da vereda Laçador, situada no município de Buritizeiro (MG), realizada por Cassino e Meyer (2013), permitiu reconstituir o cenário paleoambiental para o Quaternário tardio da região do Chapadão dos Gerais, no Bioma Cerrado, dos últimos ~ 13.000 anos cal AP. Em ~ 13.245 anos cal AP, o clima na região foi relativamente úmido e um pouco mais frio que o atual. Temperaturas um pouco mais baixas são sugeridas pela presença de matas de galeria com *Podocarpus*, *Ilex* e *Myrsine* aliada à ausência de táxons típicos do Cerrado e grande quantidade de *Sphagnum recurvum*. Os autores verificaram, para o período de ~ 13.000 e ~ 11.600 anos cal AP, indícios de um clima quente e semiúmido. A transição Pleistoceno-Holoceno foi caracterizada por um período de expansão da vereda, com expressiva presença de *Mauritia flexuosa* e outras árvores do Cerrado como *Caryocar brasiliensis*, *Eriotheca*, *Erytroxylum*, *Lafoensia*, *Schefflera*, *Campomanesia*, *Allophylus*, *Maprounea*, *Senna* e Melastomataceae, apesar da vegetação herbácea abundante. Entre ~ 11.600 e ~ 9.935 anos cal AP, houve retração da vereda, o clima tornou-se mais frio, evidenciado pela alta concentração de *Podocarpus* e presença de *Drimys brasiliense*, e a umidade também começou a diminuir ocasionando preponderância de elementos herbáceos. No intervalo de

~9.935 e ~7.020 anos cal AP, a vereda retornou devido ao considerável aumento da concentração de *Mauritia flexuosa* e ao desenvolvimento do Cerrado *Stricto Sensu* no entorno, com a presença de árvores como *Caryocar*, *Schefflera* e *Stryphnodendron* e um estrato herbáceo-arbustivo com presença de Poaceae, Asteraceae, Malphigiaceae e Rubiaceae, indicando clima quente e úmido. Após a fase úmida e quente, entre ~7.020 e ~1.330 anos AP, houve a tendência de diminuição da umidade. O conjunto polínico foi caracterizado por uma nova diminuição na percentagem de táxons de vereda, pelo aumento de elementos herbáceos de formações campestres (*Polygala*, *Borreria* e Asteraceae), pela presença significativa de árvores do Cerrado (*Caryocar brasiliensis*, *Eriotheca*, *Erythroxylum*) e ocorrência de elementos da caatinga (*Commiphora leptophloea* e *Anadenanthera colubrina*). A vereda volta a retrair-se, a presença de *Mauritia flexuosa* é bem menor que no período anterior. Em algum momento neste período, sugere-se a possível ocorrência de um hiato deposicional, decorrente de um período em que a diminuição da umidade atingiu seu máximo, com instalação de um período semi-árido e consequente ressecamento prolongado da vereda (CASSINO e MEYER, 2013).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo está situada dentro do Parque Nacional Grande Sertão Veredas (15° 6'S e 45° 48'W), inserido no município de Chapada Gaúcha, no estado de Minas Gerais próximo à divisa com o estado da Bahia (MAPA 2). O Parque faz parte do conjunto de unidades de conservação e outras áreas protegidas denominado Mosaico Sertão Veredas, sob a gestão do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade) e com a cooperação técnica da FUNATURA (Fundação Pró-Natureza).

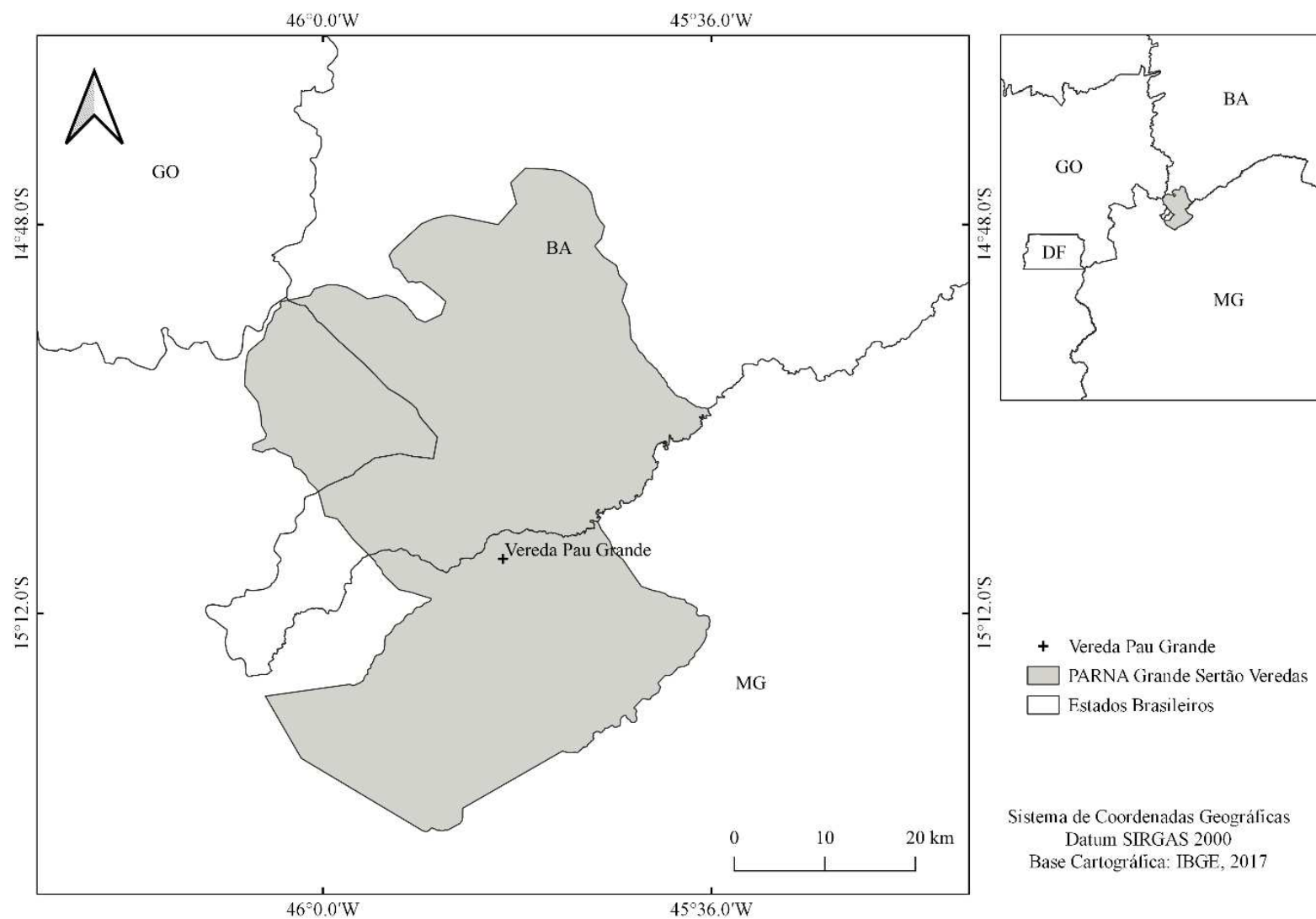
A área total atual do Parque é de cerca de 230.671 hectares (FUNATURA, 2003). O clima atual é do tipo Aw de Köppen (clima savânico), apresentando estação seca no inverno que vai dos meses de maio até setembro/outubro, com temperatura média anual de 23°C (RADAMBRASIL, 1982; FUNATURA, 2003). A precipitação média é de 1.400 mm/ano (FUNATURA, 2003).

O relevo é caracterizado por chapadas predominantemente areníticas cobertas por vegetação do bioma Cerrado e recortadas por cabeceiras de drenagens pouco profundas que constituem as veredas. A porção que abriga o parque evidencia três domínios geomorfológicos representativos dos processos atuantes na evolução da paisagem, sendo: (a) residual (relevos tabulares instalados sobre o arenito Urucuia, remanescentes na chapada ao sul do Parque e no morro Três Irmãos; cotas entre 860 e 880 m); (b) erosional (encostas e relevos aplainados suavemente ondulados, dominantes na maior parte do Parque, em vales amplos instalados sobre as formações Urucuia e Três Marias; cotas entre 700 e 860 m); e deposicional (planícies aluvionares formadas por entulhamento do eixo dos vales principais, como os dos rios Pretos e Carinhanha; cotas entre 670 e 700 m) (FUNATURA, 2003).

Os levantamentos de solos realizados pelo Radambrasil (1982) apontam o Neossolo Quartzarênico como a classe de solo predominante no Parque, com uma extensão de Latossolo Vermelho-Amarelo na parte sudoeste do Parque nas cabeceiras dos rios Mato Grande e rio Preto, e também na parte sudeste, na Chapada Gaúcha. Neossolo Litólico e Cambissolo também são encontrados ao sudoeste do Parque, e associação entre Neossolo Quartzarênico e Neossolo Litólico são vistos ao Sudeste (CETEC, 1981). Solos hidromórficos representados pelas classes Organossolos e Gleissolos (SANTOS et al., 2018), são encontrados nas veredas e nas margens dos cursos de água.

O Parque Nacional Grande Sertão Veredas situa-se no alto curso do rio Carinhanha, que

Mapa 2 - Localização da vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas



engloba parte da bacia Mato Grande e da bacia do rio Preto, seus tributários pela margem direita. O rio Carinhanha provém de terrenos elevados da Serra Geral, na divisa tríplice de Goiás, Minas Gerais e Bahia, desaguando na margem esquerda do rio São Francisco. Próximo a este rio, a vereda Pau Grande (15° 0,8637'S e 45°48,88'W) foi o ambiente selecionado para a realização do presente estudo.

O Parque está inserido no bioma Cerrado, com isso possui diversas espécies de plantas nativas, além de uma fauna riquíssima. As fitofisionomias identificadas no Parque são: cerrado *stricto sensu* (denso e típico), cerradão, cerrado ralo, carrasco, vereda, mata de galeria e formações campestres campo sujo e campo limpo (FUNATURA, 2003; RIBEIRO E WALTER, 2008). O ambiente vereda ocorre como um complexo englobando tanto áreas com fisionomia típica, onde as camadas graminosas e arbóreas ocorrem juntas, como em áreas onde apenas o estrato graminoso domina geralmente ao redor das chamadas lagoas. A vegetação ao redor da lagoa consiste principalmente de plantas herbáceas, especialmente as graminóides das famílias Poaceae, Cyperaceae e Xyridaceae (FUNATURA, 2003).

No ambiente da vereda Pau Grande e do seu entorno, se tornou-se conveniente dividi-la em faixas que possuem composição florística semelhante, além da distribuição e organização das espécies vegetais (FIGURA 2), sendo elas:

- **Fitofisionomia A**, denominada **cerrado *stricto sensu***, de vegetação predominantemente arbustiva e com poucas árvores de baixo porte, ambas de aspecto tortuoso e ritidoma grosso, sem a formação de dossel contínuo. Além disso, pode ser constatada a presença de herbáceas organizadas em touceiras. Todas as plantas encontram-se sob solo arenoso (Neossolo Quartzarênico). Ocorrem arbóreas como *Bowdichia virgilioides* Kunth (sucupira-preta) e *Caryocar brasiliense* Cambess. (pequi), além de espécies de Arecaceae de baixo porte e algumas pteridófitas.
- **Fitofisionomia B**, denominada **campo sujo**, de vegetação predominantemente herbácea, campestre, geralmente organizadas em touceiras. Frequente ocorrência de Asteraceae, além de pontuações de arbustos de menor porte como *Stryphnodendron adstringens* Mart. (barbatimão). Espécies como *Chamaecrista* sp. e *Solanum lycocarpum* L. (lobeira) também são vistas. A vegetação encontra-se sob um solo de textura arenosa, com frequente presença de cupinzeiros de cor cinza.
- **Fitofisionomia C**, caracterizada como uma transição entre **B** e **D**, formando um corredor arbustivo, ora composto predominantemente por exemplares da família

Melastomataceae (*Ryanchanthera* sp.) nas partes mais acima (à montante) da bacia onde a vereda está instalada, ora composto por exemplares de *Xylopia aromatica* (pimenta-

Figura 2- A) Cerrado *stricto sensu*. B) Campo sujo. C) Transição entre campo sujo e mata de galeria ou transição entre campo sujo e vereda. D) Mata de galeria. E) Vereda



de-macaco) nas partes mais baixas (à jusante) da mesma bacia. O solo subjacente apresenta uma coloração mais escura, indicando uma transição para um solo orgânico.

- **Fitofisionomia D**, denominada **mata de galeria (formação florestal)**, com vegetação predominantemente arbórea, com formação de dossel contínuo e árvores de maior porte. É a faixa de vegetação que tende a circundar a vereda em si. Solo orgânico (Organossolo).
- **Fitofisionomia E**, denominada **vereda (formação savânica)**, com presença predominante das Arecaceae *Maurittia flexuosa* L. (buriti) e *Mauritiella armata* Mart. (xiriri). Em algumas áreas é possível observar maior presença de árvores e espécies típicas de **D**, como se estas estivessem “tomando o lugar” do buriti e do xiriri. Nestas áreas, segundo relato local, a vereda em estudo tem partes que alaga muito pouco e partes que não alaga mais, indicando um processo de descida do lençol freático. Estas informações corroboram com autores que dizem que a fitofisionomia vereda tende a se transformar em uma mata de galeria, a longo prazo, devido a um recuo do lençol freático que permite que outras espécies vegetais possam se instalar (SILVA JÚNIOR, 2012).

4.2 Atividades de campo

4.2.1 Amostragem do testemunho

O testemunho de solo da vereda Pau Grande (PG) com 281 cm foi coletado nas coordenadas 15° 08,64'S e 45° 48,88'W numa altitude de 725 m, por meio de um vibrotestemunhador construído segundo os trabalhos de Martin et al. (1995). Este equipamento consiste de um tripé, um motor de 3,4 HP e 3.600 RPM com cerca de 1.000 vibrações por minuto, um mangote e uma abraçadeira. Um tubo de alumínio de cinco metros de comprimento, três polegadas de diâmetro e 1/8" de espessura, acoplado ao vibrotestemunhador, foi posicionado verticalmente no solo e, por meio das vibrações, penetrou-o sem causar grandes perturbações. Ao atingir o substrato basal, as vibrações foram interrompidas e vedou-se a extremidade superior com uma tampa de PVC, de mesmo diâmetro do tubo, a fim de criar vácuo. Em seguida, o tubo foi retirado com ajuda de uma talha (roldana), vedando-se a extremidade inferior. Para o transporte, o tubo foi colocado em posição semi-vertical para evitar contaminação das camadas superiores por translocação nas camadas inferiores. O tubo de alumínio contendo o material foi levado ao Laboratório de Solos do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha Mucuri (Campus Unaí) para posterior abertura com uma serra circular, descrição e amostragem do solo.

4.2.2 Amostragem das plantas e coleta de material polínico destinada à palinoteca

Foram coletadas 64 espécies de plantas (ANEXO A) em dois períodos (03-04/10/2018; 12-13/02/2019). Para cada espécie, três exemplares foram coletados. As coletas foram realizadas em áreas de cerrado *stricto sensu*, campo sujo, mata de galeria, vereda e transições com o objetivo de realizar o levantamento botânico da área e obter material polínico (botões em pré-antese e flores) para a montagem das lâminas de microscopia da coleção de referência (palinoteca) da vegetação atual da área.

4.3 Determinações analíticas

4.3.1 Descrição estratigráfica e sub-amostragens de solos do testemunho

Os horizontes foram definidos, e o conteúdo de cada seção foi descrito morfológicamente ainda dentro do tubo de alumínio no que se refere ao estágio de decomposição da matéria orgânica (MO), textura e consistência dos constituintes e a presença de possíveis características preservadas (raízes, caules, etc). Para isso, foi utilizado o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (IBGE, 2015) e o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2015).

Na parte central do testemunho de solo, coletou-se o material em canaletas de alumínio, com 2 cm de altura e 1,5 cm de largura. Posteriormente, dessas, coletou-se 1 cm de solo que foram armazenados em potinhos plásticos lacrados, com volume de aproximadamente 3 cm³ cada, identificados e mantidos em geladeira, para realização da análise palinológica.

O material orgânico restante no tubo foi amostrado a cada 2 cm, e o material mineral, abaixo da profundidade de 151 cm, foi amostrado a cada 5 cm, ambos para realização das análises de composição elementar (C e N) e isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, ^{14}C), e elementos maiores e menores, elementos-traço litogênicos, elementos-traço metálicos e halogênicos. Todas as amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas transparentes, devidamente identificadas e armazenadas em geladeira.

4.3.2 Caracterização do solo

A caracterização do solo do testemunho da vereda PG foi realizada seguindo os “Testes para Caracterização de Organossolos” descritos no SiBCS (SANTOS et al., 2018). Valores de pH em CaCl₂, solubilidade em pirofosfato de sódio, densidade do solo (DS), densidade da matéria orgânica (Dmo), resíduo mínimo (RM), material mineral (MM) e teor de fibras esfregadas (FE) e fibras não esfregadas (FNE) foram determinados em 24 amostras (amostras

a cada ~6 cm). Estágios de decomposição do material orgânico dos horizontes e/ou camadas dos solos das veredas foram determinados seguindo a escala de decomposição de von Post (STANEK & SILC, 1977; SANTOS et al., 2018), também descritos no SiBCS (SANTOS et al., 2018).

4.3.3 Identificação botânica

As exsicatas foram depositadas no Herbário DIAM (UFVJM – Diamantina-MG). As identificações foram realizadas através de literaturas especializadas diversas e consultas a especialistas, conforme disposto no APG IV (2016) (ANEXO A).

4.3.4 Composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$)

Para a determinação da composição isotópica do solo ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), as amostras foram secas em estufa a 40°C e foram retirados raízes e outros fragmentos vegetais contaminantes, para homogeneização em almofariz de ágata. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP), para determinação isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), por meio de analisador elementar acoplado em espectrômetro de massas, conforme procedimento padrão descrito em Pessenda et al. (1996).

4.3.5 Análise do ^{14}C das amostras de solo

Foram selecionadas seis amostras de solo orgânico para determinação das idades dos materiais nas seguintes profundidades: 24-26 cm; 45-47 cm; 59-61 cm; 85-87 cm; 109-111 cm e 149-151 cm. Essas foram enviadas ao Laboratório de ^{14}C do CENA/USP, onde foi realizado o pré-tratamento com solução de HCl 0,01M para a retirada de alguns contaminantes como raízes e folhas, através de flotação e catação manual e, posteriormente, lavagens com água destilada até a neutralização do pH e transferidas para recipientes de alumínio para secar em estufa em temperatura de 50°C, por 24 horas.

Também, neste mesmo laboratório, os grafites de cada uma das amostras foram produzidos e enviados a outros laboratórios para datação pela técnica AMS (Accelerator Mass Spectrometry). As amostras 24-26 cm, 59-61 cm, 109-111 cm e 149-151 cm foram datadas no Laboratório de Radiocarbono (LAC) da Universidade Federal Fluminense (UFF) em Niterói/Rio de Janeiro, enquanto as amostras 45-47 cm e 85-87 cm foram datadas no Laboratório AMS da Universidade da Geórgia (UGAMS) nos Estados Unidos. Os resultados

obtidos já vieram corrigidos para o fracionamento isotópico natural (-25‰) e apresentados em idade ^{14}C convencional em anos antes do presente (AP). De posse das amostras datadas, o modelo de idade-profundidade foi obtido através do método bayesiano utilizando pacote Bacon R (v.2.3.5) (BLAAUW; CHRISTEN, 2011). A curva de calibração utilizada foi a para o Hemisfério Sul - SHCal13.14C (HOGG et al., 2013). Todas as idades apresentadas no texto são expressas como idades calibradas pelo modelo de idade-profundidade.

4.3.6 Determinação geoquímica

As amostras foram secas, moídas e homogeneizadas a cada 2 cm de espessura para a realização de todas as determinações geoquímicas (orgânicas e inorgânicas). Os teores totais de C, N, H e O foram determinados por combustão seca, em analisador elementar LECO® CHNS/O, modelo TruSpec Micro no Laboratório de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (LIPEMVALE-UFVJM). Para isso, as amostras foram pesadas em balança analítica Sartorius, de precisão de 0,001 mg, e acondicionadas em cápsulas de alumínio. Os teores de C, N e H foram determinados após a incineração das amostras por cinco minutos a 1075°C em tubo de quartzo. Para determinar o teor de O utilizou-se um módulo independente, com o tempo de análise de dois minutos, a uma temperatura de 1300°C.

Para a calibração de referência do equipamento foram utilizados os seguintes padrões: Solo (C% = 2,35; N% = 0,183 e S% = 0,028), padrão 003 (C% = 11,05; H% = 1,36 e N% = 0,50), cistina (C% = 29,99; S% = 26,69; O% = 26,60; N% = 11,66 e H% = 5,03), folha de orquídea (C% = 50,40; H% = 6,22; N% = 2,28; e S% = 0,156) e EDTA (C% = 41,07; N% = 9,57 e H% = 5,55).

Elementos maiores, menores e traços foram determinados, mediante fluorescência de raios X. Foram determinados os elementos Fe, Cu, Br, Zr, Y, Al, Si, P, S, K, Ca, Mn, Cu, Ti e Pb, no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva, do modelo *Shimadzu* EDX-720 do LIPEMVALE. Para a calibração do equipamento, foi utilizado o padrão A-750 de composição conhecida. Para a verificação da calibração, o resultado da análise do padrão deve apresentar concentração de Al maior que 80% e os elementos Sn e Cu devem ser detectados. Após a análise do padrão, foi encontrado o seguinte resultado: Al = 99,066%, Sn = 0,675% e Cu = 0,11%. As amostras foram previamente homogeneizadas e acondicionadas em um filme de Mylar® de 6 µm de espessura, esticado no fundo de uma cela de polietileno com 32 mm de 44 diâmetro externo e 23 mm de altura. Esta é uma técnica não destrutiva que pode ser aplicada diretamente a amostra sólida, sem exigir nenhum pré-tratamento químico (GUILD et al., 2017).

4.3.7 Análise palinológica

Os trabalhos de preparação das amostras selecionadas para a análise palinológica foram realizados no Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo (IBt), em janeiro de 2019.

Foram selecionados 30 níveis estratigráficos com base na descrição do testemunho, sendo retirados 3 cm³ de material até primeiros 34 cm, 3,2 cm³ de 35 a 79 cm, 3,4 cm³ de 80 a 124 cm e 2,8 cm³ de 125 a 152 cm de cada nível (Os valores variaram em função das medidas das canaletas). Os níveis correspondem às seguintes profundidades: 4-5 cm; 9-10 cm; 14-15 cm; 20-21 cm; 25-26 cm; 30-31 cm; 35-36 cm; 40-41 cm; 45-46 cm; 50-51 cm; 55-56 cm; 60-61 cm; 65-66 cm; 70-71 cm; 75-76 cm; 80-81 cm; 85-86 cm; 90-91 cm; 95-96 cm; 100-101 cm; 105-106 cm; 110-111 cm; 115-116 cm; 120-121 cm; 125-126 cm; 130-131 cm; 135-136 cm; 140-141 cm; 145-146 cm; 150-151 cm.

O procedimento empregado para extração de pólen foi o sugerido por Ybert et al. (1992), com algumas modificações. Este método emprega a adição de pastilhas *Lycopodium clavatum* (marcador exótico), eliminação dos macrorrestos por meio do uso de peneira com malha de 250 µm em água destilada, adição de ácido fluorídrico (HF) para a dissolução de silicatos, ácido clorídrico (HCl) para a eliminação de fluossilicatos, ácido acético glacial para desidratação e adição de mistura de acetólise (anidrido acético e ácido sulfúrico) para a dissolução de parte da matéria orgânica e acetilação da exina dos grãos de pólen. Um banho de ultrassom foi utilizado para separar grandes restos orgânicos e concentrar melhor os palinomorfos. Após o tratamento físico-químico, as lâminas foram montadas para análise microscópica. A identificação e contagem dos grãos de pólen e outros palinomorfos foram realizados até o momento em apenas 5 níveis preparados (4-5 cm; 9-10 cm; 20-21 cm; 25-26 cm; 30-31 cm).

Os palinomorfos foram contados até a saturação por amostra, ou seja, até que nenhum tipo novo fosse observado (YBERT et al., 1992) em 10 lâminas de microscopia, em microscópio óptico LABOMED Lx 400 utilizando-se objetivas de 40x para a contagem e, em um aumento de 100x sob imersão em óleo de imersão para identificação. Foram tiradas fotografias dos mesmos com uso de uma câmera Opticam LOPT14003, e pranchas foram montadas.

A identificação dos grãos foi feita com base nos caracteres morfológicos observáveis utilizando-se metodologias de comparação com o laminário da Palinoteca da vereda do PNGSV (acetólise do material polínico), contendo pólen e esporos de plantas coletadas pela equipe colaboradora alocada no Laboratório de Solos do ICA da UFVJM-Campus Unaí e também no

Núcleo de Pesquisa em Palinologia do IBt. Além disso, também foram utilizados o laminário da Palinoteca da turfeira Pau de Fruta (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais), também contendo pólen e esporos de plantas coletadas pela equipe colaboradora, alocados nos mesmos laboratórios, bem como atlas, chaves de identificação, catálogos e diversos outros trabalhos (SALGADO-LABOURIAU, 1973; VAN GEEL, 1978; TRYON, 1982; ROUBIK; MORENO, 1991; FERRAZ-VICENTINI, 1993; FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABOURIAU, 1996; HORÁK, 2009; CASSINO, 2011; CASSINO e MAYER, 2011; CASSINO e MEYER, 2013; LUZ et al., 2013; CASSINO, 2014; HORÁK et al., 2015; CASSINO, MARTINHO e CAMINHA, 2016; LORENTE et al., 2017; LUZ et al., 2017). A identificação foi feita no nível de família e, sempre que possível, no nível de gênero e espécie. A denominação “Tipo” também foi empregada (JOOSTEN e CLARKE, 2002).

Grupos correspondentes aos tipos de vegetação e ambientes foram obtidos e baseados com base nas preferências ecológicas dos tipos identificados. O conhecimento de cada tipo é baseado com base no levantamento botânico realizado da área de estudo (ANEXO A), bem como várias outras referências quando necessárias (VAN GEEL, 1978; MENDONÇA et al., 1998; MARCHANT et al., 2002; CASSINO, 2011; 2014; LUZ et al., 2017). Para os dados ecológicos, foi consultada a página da internet da Flora do Brasil 2020 e bibliografia especializada da região para a caracterização do hábito e fitofisionomias de ocorrência, assim como foram obtidos dados de espécimes de herbário depositados no *speciesLink* (CRIA 2020), fornecendo inferências sobre a biodiversidade da região de estudo.

Foram considerados como indicadores locais os grãos de pólen de hidro-higrófitas e palinomorfos não polínicos, e como indicadores regionais os grãos de pólen. Considerou-se como os grãos de pólen de hidro-higrófitas as *Cyperaceae*, *Drosera*, *Spathiphyllum*, *Typha*, *Utricularia* e como NPPs os esporos de pteridófitas, briófitas e fungos, zigósporos e colônias de algas, dinoflagelados, e outras formas de vida fossilizadas.

As assembleias esporo-polínicas regional e local e dos NPPs foram apresentadas sob a forma de diagramas de percentagem, de acordo com o hábito das plantas (arbóreas, arbustivas, subarbustivas, lianas e heábaceas) em conjunto com as datações por radiocarbono e a estratigrafia, utilizando-se o software TILIA (GRIMM, 1992).

4.4 Análise estatística

A análise de agrupamento baseado em estratigrafia (stratigraphically constrained cluster analysis; método da soma total dos quadrados; Grimm, 1987) foi aplicada aos dados de pólen e NPP para a definição das zonas esporo-polínicas regionais e locais. A análise por

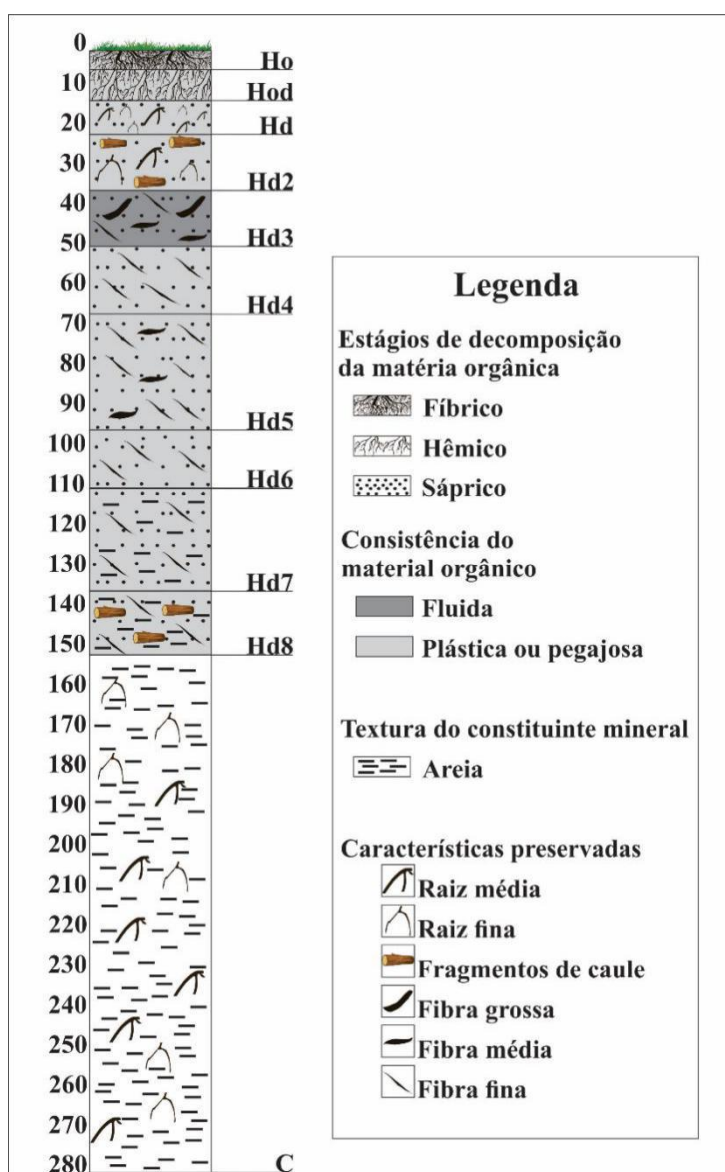
componentes principais (Principal Components Analysis - PCA) foi aplicada aos dados geoquímicos, antes logaritmizados e padronizados (z-scores), como sugerido para dados composicionais (REIMANN et al., 2008). A PCA foi realizada no modo de correlação e a rotação varimax foi aplicada para maximizar os pesos (loadings) das variáveis nas componentes (ERIKSSON et al., 1999). A PCA foi realizada no software SPSS. Realizou-se a correlação de Pearson (r) para os dados de caracterização dos solos por meio do software R Studio (R CORE TEAM, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Descrição do testemunho

O solo do testemunho da vereda Pau Grande (FIGURA 3) apresentou 10 (dez) horizontes orgânicos, sendo do topo para a base: Ho (0-4,7 cm); Hod (4,7-12,5 cm); Hd (12,5-21 cm); Hd2 (21-35cm); Hd3 (35-49 cm); Hd4 (49-66 cm); Hd5 (66-95cm); Hd6 (95-109,5 cm); Hd7 (109,5-135 cm); Hd8 (135-151 cm). Também apresentou 1 (uma) camada mineral C (151-281 cm).

Figura 3 - Descrição dos horizontes e conteúdo do testemunho de solo da vereda Pau Grande



Dentre os horizontes orgânicos, o fábrico Ho (0-4,7 cm) é constituído por muitas raízes finas/médias e raízes pequenas/médias pouco decompostas envolvidas em uma matriz orgânica

consistente. O horizonte hêmico Hod (4,7-12,5 cm) apresentou as mesmas características de Ho, exceto pela matéria orgânica que é mais decomposta. Os horizontes sápricos (Hd até Hd8, 12,5-151 cm), apesar de todos apresentarem uma matéria orgânica muito decomposta, algumas variações verificadas permitiram uma separação entre eles. Os horizontes Hd2 (21-35 cm) e Hd3 (35-49 cm) diferenciam-se dos demais principalmente por Hd2 apresentar alto teor de fibras incluindo fragmentos de caule de plantas e Hd3 uma matéria orgânica muito pastosa (mais fluida). Também, foi possível verificar uma distinção do Hd7 (109,5-135 cm) e Hd8 (135-151 cm) dos outros horizontes sápricos, principalmente por apresentarem um incremento muito maior de areia. A camada basal mineral (C: 151-281 cm) é constituída essencialmente por areia fina com algumas manchas de material orgânico e raízes médias/grandes. As diferenças vistas entre horizontes e horizonte-camada podem servir de evidências das possíveis mudanças nas condições do ambiente no momento da formação dos mesmos.

5.2 Caracterização do solo

A caracterização do solo baseada na determinação dos atributos morfológicos, físicos e químicos, com o uso dos Testes para Caracterização de Organossolos (SANTOS et al., 2018), também fornece informações importantes sobre as condições de formação do ambiente pretérito (HORÁK, 2009). Estas informações associadas às obtidas por outros proxies permitem entender de maneira mais completa a evolução Quaternária, e a elaboração de inferências mais robustas (HORÁK et al., 2011).

Na tabela 2, encontram-se os valores dos atributos determinados nas amostras de solos do testemunho da vereda Pau Grande, sendo eles: cor, fibras esfregadas (FE), fibras não esfregadas (FNE), escala de decomposição de von Post, pH em CaCl₂, unidade gravimétrica (Ug), resíduo mínimo (RM), material mineral (MM), densidade do solo (DS), densidade da matéria orgânica (Dmo), conteúdo da matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (Corg).

5.2.1 Cor

A cor do solo obtida por meio da solubilidade em pirofosfato de sódio variou de bruno muito escuro (10YR 2/2) a bruno amarelado claro (10YR 6/4). Portanto, a matiz do solo em todas as amostras foi a mesma (10YR - cor bruna), indicando que a combinação de pigmentos manteve-se constante em todas as profundidades. No entanto, valores variaram entre 2 e 6, decrescentes no geral da superfície até 111 cm (abrangendo horizontes Ho até Hd6, de 5 até 3), aumento em 111-117 cm (Hd7, valor 6), e depois retorno ao decréscimo até 151 cm atingindo o valor 2 (de Hd7 até Hd8). Cromas variaram muito entre as profundidades (entre 2 e 6), mas

Tabela 1 - Atributos morfológicos, físicos e químicos do solo orgânico do testemunho da vereda Pau Grande

Prof. cm	Cor	FNE ---%---	FE	von Post	MM %	RM m m ⁻¹	DS ---Mg m ⁻³ ---	Dmo	Ug %	pH CaCl ₂	MO ---g Kg ⁻¹ ---	Corg
0-6	10YR 5/3	56	12	4	57,75	0,09	0,24	0,10	76,92	3,52	42,25	24,51
6-12	10YR 5/4	72	12	5	50,95	0,11	0,32	0,16	75,00	3,53	49,05	28,45
12-18	10YR 5/4	72	8	5	52,14	0,10	0,28	0,13	79,41	3,42	47,86	27,76
18-22	10YR 5/3	68	20	6	49,32	0,07	0,20	0,10	82,14	3,48	50,68	29,40
26-32	10YR 5/4	52	16	5	45,12	0,06	0,20	0,11	83,87	3,54	54,88	31,83
39-45	10YR 5/3	40	8	6	62,97	0,15	0,36	0,13	68,97	3,64	37,03	21,48
45-51	10YR 4/4	28	8	7	71,47	0,23	0,48	0,14	63,64	3,70	28,53	16,55
51-57	10YR 4/4	24	8	7	77,91	0,42	0,8	0,18	47,37	3,65	22,09	12,82
57-63	10YR 3/3	24	4	7	87,80	0,44	0,76	0,09	47,22	3,65	12,20	7,08
63-69	10YR 3/3	20	8	7	84,05	0,49	0,88	0,14	40,54	3,63	15,95	9,25
69-75	10YR 3/3	32	4	6	76,43	0,39	0,76	0,18	45,71	3,59	23,57	13,67
75-81	10YR 3/2	28	4	6	73,67	0,33	0,68	0,18	46,88	3,58	26,33	15,27
81-87	10YR 3/3	48	12	6	71,63	0,34	0,72	0,20	45,45	3,59	28,37	16,46
87-93	10YR 3/4	52	16	7	71,97	0,36	0,76	0,21	48,65	3,58	28,03	16,26
93-99	10YR 3/4	56	4	6	79,32	0,38	0,72	0,15	40,00	3,58	20,68	12,00
99-105	10YR 3/6	44	8	6	77,44	0,37	0,72	0,16	47,06	3,63	22,56	13,08
105-111	10YR 3/4	20	4	6	80,26	0,54	1,00	0,20	32,43	3,60	19,74	11,45
111-117	10YR 6/4	20	4	9	93,45	0,80	1,28	0,08	27,27	3,62	6,55	3,80
117-123	10YR 5/4	20	4	9	93,22	0,65	1,04	0,07	27,78	3,64	6,78	3,94
123-129	10YR 4/4	44	4	7	85,63	0,62	1,08	0,16	25,00	3,60	14,37	8,34
129-135	10YR 4/4	36	4	9	89,67	0,81	1,36	0,14	27,66	3,58	10,33	5,99
135-141	10YR 3/4	40	4	7	82,11	0,55	1,00	0,18	34,21	3,52	17,89	10,38
141-147	10YR 3/3	40	4	7	88,66	0,78	1,32	0,15	29,79	3,50	11,34	6,58
147-151	10YR 2/2	16	4	7	88,61	0,83	1,40	0,16	23,91	3,46	11,39	6,61
Média ± DP		40±17	8±6	7±1	74,65±14,53	0,41±0,25	0,77±0,38	0,15±0,04	48,62±19,72	3,58±0,07	25,35±14,53	14,71±8,43

Prof: Profundidade; **FNE:** fibras não esfregadas; **FE:** fibras esfregadas; **von Post:** escala de decomposição de von Post; **MM:** Material mineral; **RM:** resíduo mínimo; **DS:** Densidade do solo; **Dmo:** Densidade da matéria orgânica; **Ug:** Umidade gravimétrica; **MO:** Matéria orgânica do solo; **Corg:** Carbono orgânico.

com uma tendência geral de decréscimo até 81 cm (Ho até Hd5, croma variando de 4 até 2), aumento entre 81 e 105 cm (entre Hd5 e Hd6, croma 6), e após retorno ao decréscimo até 151 cm (de Hd6 até Hd8, até croma 2). Valores e cromas baixos são indicativos de solos mais escuros, portanto parece haver um escurecimento da cor do solo onde predominam principalmente nas profundidades 57 até 87 cm (Hd4 e Hd5) e após 135 até 151 cm (Hd8). Valores e cromas mais altos, portanto, contribuindo para cores do solo mais claras, são vistos principalmente nas profundidades superiores - de 0 até 57 cm (Ho até Hd4) e 87 até 135 cm (Hd5 até Hd7).

Cores mais escuras podem ser indicativos de solos com acentuada decomposição da matéria orgânica (VALLADARES, 2003), enquanto as cores mais claras indicam a matéria orgânica menos decomposta. Horák et al. (2011) encontraram tendências semelhantes para um perfil de solo da turfeira Pau-de-Fruta na Serra do Espinhaço Meridional (MG), com predomínio de valores e cromas muito baixos nas amostras próximas da base, e cores variando de preto (10YR 2/1) a bruno amarelado escuro (10YR 4/4).

5.2.2 Fibras não esfregadas e fibras esfregadas (FNE e FE)

Os teores de fibras não esfregadas (FNE) variaram entre 16 e 72% com uma média de $40 \pm 17\%$, enquanto que para fibras esfregadas (FE), os teores variaram entre 4 e 20% com uma média de $8 \pm 6\%$. No geral, uma tendência decrescente dos teores com a profundidade com variações similares para ambas as propriedades é vista. No entanto, para FNE são observados os teores mais elevados nas profundidades de 0 até 45 cm (Ho até Hd3), 81 até 105 cm (Hd5 e Hd6) e de 123 até 147 cm (Hd7 até Hd8), enquanto que para FE, os teores mais elevados são observados entre 0 até 45 cm e 81 até 105 cm. Nas profundidades mais basais não são vistos teores elevados para FE.

A diminuição nos teores de fibras em profundidade também foi encontrada por Bispo et al. (2015) para as turfeiras das cabeceiras do rio Araçuaí, este comportamento foi atribuído ao estágio decomposição da matéria orgânica, mais avançado em profundidade. Ebeling et al. (2013) encontraram valores semelhantes para FE, variando entre 4 e 16%, para Organossolos Hápicos de distintos ambientes do Brasil, atribuindo estes resultados a fatores como o clima, o uso da terra e o tipo de vegetação que deu origem aos materiais orgânicos.

De acordo com Horák et al. (2011), a maior quantidade de fibras pode ser reflexo de uma vegetação com uma quantidade maior de fibras (raízes, galhos, folhas, etc), ou tipo de vegetação (alguns tipos são mais difíceis de se decomporem) (WHITE II et al., 2009), e/ou pode

ser reflexo de um ambiente que propicie uma decomposição do material orgânico (dos restos de vegetação) de forma mais lenta (EBELING et al., 2013)

5.2.3 Grau de decomposição do solo: Escala de von Post

Foram determinadas cinco classes da escala de von Post das dez existentes (SANTOS et al., 2018): 4, 5, 6, 7 e 9. Portanto, os três estágios de decomposição do material orgânico foram verificados no solo do testemunho em estudo: fibrício (classe 4), hêmico (classes 5 e 6) e sáprico (classes 7 e 9).

Material fibrício foi verificado nos primeiros centímetros, entre 0 e 6 cm (Ho). Material hêmico foi verificado nas profundidades 6-45 cm (Hod até Hd3), 69-87 (Hd5) e 93-111 cm (Hd6). E, por fim, material sáprico em 45-69 cm (Hd3 e Hd4), 87-93 cm (uma porção de Hd5) e em 111-151 cm (Hd7 e Hd8). Portanto, do topo para a base, o material inicia pouco decomposto, em estágio inicial de decomposição com restos vegetais facilmente identificáveis (SANTOS et al., 2018), mas que com a profundidade oscila entre um material orgânico moderadamente decomposto (hêmicos) e entre um material em um estágio avançado de decomposição (sápricos). Este último com quase que ausência de fibras em um material muito homogêneo.

É comum a ocorrência de material fibrício nos primeiros centímetros em solos orgânicos, como vistos nos solos de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional com valores 3 e 4 (SILVA, et al., 2009; HORÁK et al., 2011; HORÁK-TERRA et al., 2014). O avanço do estágio de decomposição da MOS em profundidade, de acordo com Horák et al. (2011), segue o Princípio de Superposição de Camadas (HAMBLIN, 1978), em que o material basal, mais antigo, é exposto a decomposição por mais tempo e que, portanto, encontra-se mais decomposto.

5.2.4 Material Mineral (MM) e Resíduo Mínimo (RM)

O material mineral (MM) expressa o teor da constituição mineral do solo. Os valores de MM verificados variaram entre 45,12 e 93,45%, com média de $74,65 \pm 14,53\%$. No geral, os teores mais elevados são observados em 45-69 cm (Hd3 e Hd4) e 111-151 cm (Hd7 e Hd8) em um material sáprico, e os mais baixos nas profundidades 0-45 cm (Ho até Hd3) em um material fibrício e hêmico.

Com a perda integral do material orgânico (mineralização), o resíduo mínimo (RM) representa a constituição mineral do material original (LYNN et al., 1974). O RM representa uma estimativa da proporção entre a espessura residual e a original (SANTOS et al., 2018). Os valores de RM variaram entre 0,06 e 0,82 m m^{-1} com uma média de $0,41 \pm 0,25 \text{ m m}^{-1}$. Os teores

mais elevados de RM coincidem com as profundidades onde os de MM também são elevados, principalmente nas profundidades 45-69 cm (Hd3 e Hd4) e 111-151 cm (Hd7 e Hd8).

Ambas as propriedades apresentam tendências crescentes do topo até a base. A constituição mineral dos solos estudados provavelmente é derivada do quartzo do substrato geológico que integra toda a área de estudo, representados pelos arenitos da Formação Urucuia (FUNATURA, 2003).

Valores com mesma tendência também foram verificados para os solos de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional (HORÁK-TERRA et al., 2014) e para as turfeiras das cabeceiras do rio Araçuaí (BISPO et al., 2015), sendo relacionados à presença de deposições de areia no material orgânico.

5.2.5 Densidade do solo (Ds), Densidade da matéria orgânica (Dmo) e Umidade gravimétrica (Ug)

Os valores de densidade do solo (Ds) variaram entre 0,2 a 1,4 mg m⁻³ com uma média de $0,77 \pm 0,38$ mg m⁻³. As tendências dos valores de Ds e RM são semelhantes, aumentando com a profundidade. A Ds variou em razão da proporção dos constituintes das frações orgânicas e minerais do solos. Tanto a densidade do solo (DS) quanto o resíduo mínimo (RM) e o material mineral (MM) estão relacionados ao teor de matéria orgânica (MO) e ao seu grau de decomposição (SILVA et al., 2009). Ebeling et al. (2013) encontraram valores variando entre 0,09 a 0,93 mg m⁻³, com média de $0,44 \pm 0,23$ mg m⁻³ para Organossolos de distintos ambientes do Brasil. Segundo este mesmo autor, estas as variações nos valores de Ds nos Organossolos estudados estão relacionadas à qualidade da matéria orgânica (espécies vegetais, teor de celulose e lignina), aos componentes da fração mineral (proporção das frações granulométricas areia, silte e argila), ao clima (úmido e, ou, seco), temperatura (alta e, ou, baixa) e umidade (alta e, ou, baixa). Estes fatores interferem no tipo de material orgânico e na interação com o material mineral depositado (sedimentos coluviais e aluviais), nos processos de decomposição (aeróbio e anaeróbio) e nos compostos orgânicos formados (material recalcitrante ou não).

Foi observada uma maior homogeneidade nos dados de Dmo. Os valores de Dmo variaram entre 0,07 e 0,21 mg m⁻³ com média de $0,15 \pm 0,04$ mg m⁻³. Os valores de Ds para todas as profundidades foram superiores aos valores de Dmo. Horák-Terra et al. (2014), estudando Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais, encontraram valores nessa ordem, sendo o menor de 0,04 mg m⁻³.

A umidade gravimétrica (Ug) representa o teor de água do solo no momento da coleta, podendo fazer parte desta, a água retida nos microporos (poros com diâmetro menor que 30

μm), em que a matéria orgânica possui a capacidade de reter até 20 vezes sua massa em água (STEVENSON, 1994), e a água que flui no interior dos mesoporos (poros com diâmetro entre 30 e 100 μm) e macroporos (poros com diâmetro maior que 100 μm) da estrutura do solo (HORÁK, 2009). Foi observado a tendência de diminuição da U_g com a profundidade, com valores entre 23,81 e 83,87% e média $48,62 \pm 19,72\%$. Tendência também encontrada por Horák-Terra et al. (2014) com valores entre 12 e 94% e média de $59 \pm 26\%$.

5.2.6 pH

Os valores de pH em CaCl_2 evidenciam que o ambiente apresenta elevada acidez com valores entre 3,42 e 3,70 e média $3,58 \pm 0,07$. Horák et al. (2011) encontraram valores semelhantes para um perfil de solo da turfeira Pau-de-Fruta em Minas Gerais, com valores entre 3,20 e 4,52. Já Souza et al. (2015), ao estudarem veredas do Cerrado no estado de Goiás encontraram valores mais altos, com média de $4,75 \pm 0,15$ em uma vereda preservada.

5.2.7 Matéria orgânica (MO) e Carbono orgânico (Corg)

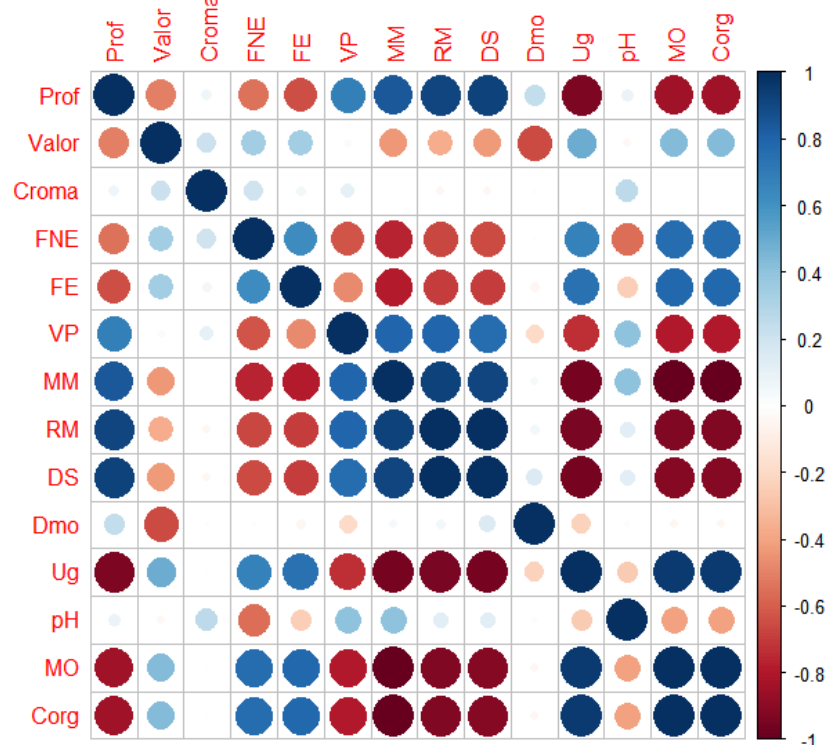
Foi observada a tendência de diminuição do conteúdo de MO com a profundidade variando de 54,88 a 6,55 g kg^{-1} e média de $25,35 \pm 14,53 \text{ g kg}^{-1}$. Os maiores conteúdos de MO ocorreram juntamente com os teores mais elevados de FE e U_g , enquanto conteúdos mais baixos estiveram associados aos elevados valores de Ds e MM. Os níveis mais altos foram encontrados nos horizontes fábrico e hêmicos. Ebeling et al. (2013) encontraram maiores teores de MO em perfis com reduzida influência antrópica e com maior quantidade de fibras, onde DS, Dmo e MM apresentaram os menores valores. Teores de Corg variaram entre 3,80 e 31,83 g Kg^{-1} com média de $14,71 \pm 8,43 \text{ g Kg}^{-1}$.

5.2.8 Integração dos atributos caracterizados

Os atributos do solo determinados foram submetidos a análise de correlação de Pearson (r) (FIGURA 4). A correlação mais elevada verificada entre os atributos determinados é vista entre Ds e RM (0,99). Ambas as propriedades aumentam com a profundidade do solo, e possuem também correlação alta com MM (coeficiente de determinação r^2 de 0,92 para Ds x MM e RM x MM). Isso pode ser explicado principalmente pelo fato de os horizontes mais profundos apresentarem um incremento maior de areia. Tanto a densidade do solo (DS) quanto o resíduo mínimo (RM) e o material mineral (MM) estão relacionados ao teor de matéria orgânica (MO) e ao seu grau de decomposição (SILVA et al., 2009). Bispo et al. (2015) encontraram resultados semelhantes para as turfeiras das cabeceiras do rio Araçuaí, em que o

aumento da Ds encontrou-se associado com maior proporção de MM nas camadas mais profundas. O material mineral é mais pesado que a matéria orgânica, o que pode influenciar no aumento da densidade nas camadas mais profundas (MENDONÇA, 1999).

Figura 4- Correlação entre os atributos do solo orgânico do testemunho da Vereda Pau Grande



Prof: Profundidade; **FNE:** Fibras não esfregadas; **FE:** Fibras esfregadas; **VP:** Escala de decomposição de von Post; **MM:** Material mineral; **RM:** Resíduo mínimo; **DS:** Densidade do solo; **Dmo:** Densidade da matéria orgânica; **Ug:** Umidade gravimétrica; **MO:** Matéria orgânica do solo; **Corg:** Carbono orgânico. O tamanho do círculo indica o tamanho da correlação.

Valores elevados de Ds, RM e MM são observados nas profundidades onde ocorrem baixos teores de Corg, MO e fibras (FNE e FE), vistos pela correlação alta e negativa (coeficiente de determinação r de -1 para MM x Corg x MO e de -0,92 para Ds x Corg x MO e RM x Corg X MO). Dessa forma, o menor valor de Ds deve-se ao aumento do teor de MO e à menor proporção da fração mineral. Resultados semelhantes foram obtidos por Campos et al. (2011) e Cipriano-Silva et al. (2014) em Organossolos de Minas Gerais e do nordeste brasileiro, respectivamente.

Foi observada a tendência de diminuição da Ug com a profundidade, portanto uma correlação forte negativa (-0,93). E ainda uma relação direta com a MO (0,95) e FE (0,75) e Corg (0,95) e inversa com o MM (-0,95). O material orgânico menos decomposto, em que se verifica maior valor de FE apresenta maior valor de Ug. Silva et al. (2009) e Campos et al. (2011) destacaram que o teor e o estágio de decomposição da matéria orgânica influenciam na

capacidade de armazenamento de água em Organossolos. De acordo com Bispo (2015), nos solos orgânicos, os principais componentes que controlam a hidrologia são o conteúdo de matéria orgânica e o teor de fibras.

Há uma correlação positiva entre Ds e o grau de decomposição de von Post (0,77) e inversa com FE (-0,7) , indicando que o tamanho e a quantidade de fibras podem ser responsáveis pelo aumento de Ds, onde o menor valor de DS deve-se ao aumento do teor de matéria orgânica e seu menor grau de decomposição resultando em maior porosidade pelos espaços entre as estruturas do material fíbrico (CIPRIANO-SILVA et al., 2014).

A correlação entre valor e o conteúdo de MO e Corg foi positiva (coeficiente de determinação r^2 de 0,44 para ambos). Ambos diminuem com a profundidade. Valores baixos são indicativos de solos mais escuros, cores mais escuras podem ser indicativos de solos com acentuada decomposição da matéria orgânica (VALLADARES, 2003).

A correlação entre os valores de pH em CaCl_2 e conteúdo de MO foi negativa (-0,40) indicando redução dos valores de pH com o aumento do conteúdo de MO, consequência da maior acidez dos ácidos orgânicos do solo. O coeficiente de determinação baixo pode ser devido ao tipo de matéria orgânica constituinte (tipo vegetacional) e a constituição mineral do solo e da água.

A Dmo apresentou correlação baixa positiva com a profundidade com baixo coeficiente de correlação (0,25) e relação inversa com Ug (-0,22). Valores elevados de Dmo estão relacionados a maior humificação da matéria orgânica, nesse processo os macroporos colapsam, diminuindo o tamanho dos poros e a porosidade total, com isso a redução da Ug (SILVA et al., 2009).

5.2.9 Classificação

Segundo o SiBCS (SANTOS et al., 2018), o solo referente ao testemunho da vereda Pau Grande foi classificado como ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico. Háplico já que não apresenta horizonte sulfúrico e são saturados por água por mais de 30 dias consecutivos, e sáprico porque apresentou a maior parte do testemunho com o material em estágio avançado de decomposição.

5.3 Datações radiocarbônicas

As idades ^{14}C convencionais das amostras datadas, e as calibradas destas mesmas amostras pelo modelo de idade-profundidade, podem ser vistas na Tabela 2. O modelo de

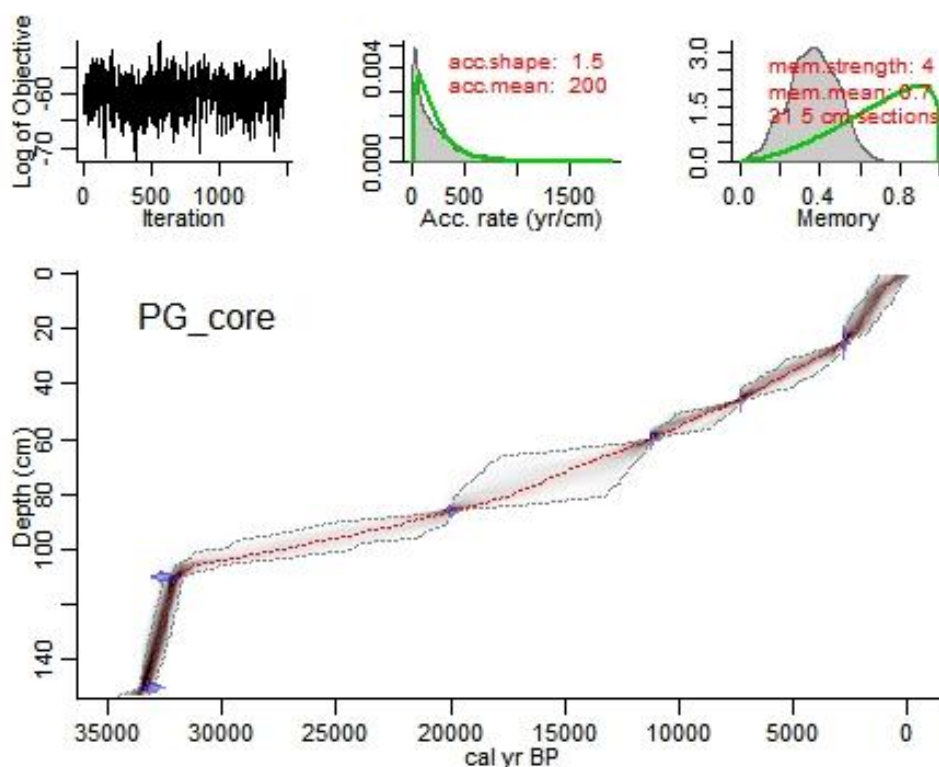
idade-profundidade considerando somente a parte orgânica (até 152 cm) pode ser visto na Figura 5.

Tabela 2 - Datações radiocarbônicas por ^{14}C do solo orgânico do testemunho da vereda Pau Grande. Idades convencionais corrigidas para o fracionamento isotópico natural (-25‰) e idades calibradas (cal) pelo modelo de idade-profundidade.

Profundidade (cm)	Amostra	Código laboratório LAC e UGAMS	Idade (anos AP)	Idade calibrada (anos cal AP)	Taxa de sedimentação (cm.ano ⁻¹)
24-26	GSV13	LAC/UFF#190424	2.603 ± 42	2.732	0,0042
45-47	GSV24	UGAMS#48095	6.350 ± 30	7.286	0,0031
59-61	GSV31	LAC/UFF#190425	9.758 ± 50	11.182	0,0027
85-87	GSV44	UGAMS#48096	16.550 ± 62	19.972	0,0018
109-111	GSV56	LAC/UFF#190613	28.550 ± 98	31.954	0,0273
149-151	GSV76	LAC/UFF#190614	28.883 ± 107	33.347	

LAC/UFF: Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense (Niterói-RJ). UGAMS: Laboratório AMS da Universidade da Geórgia (EUA).

Figura 5 - Modelo idade-profundidade do testemunho da vereda Pau Grande



A gênese do solo começou próxima aos 34 mil anos, ou seja, o testemunho Pau Grande possui a história ambiental e climática registrada em seus solos desde o Pleistoceno tardio.

Poucos são os registros de veredas que chegaram próximos a essa idade, tal como o testemunho de Cromínia-GO (FERRAZ-VICENTINI e SALGADO-LABOURIAU, 1996), com idade de 32.400 anos cal AP.

A amostra orgânica mais basal, datada em 149-151 cm, apresentou idade calibrada em 33.347 anos cal AP. No intervalo acima, 109-111 cm, a idade datada foi de 31.954 anos cal AP. Entre estes dois intervalos, a taxa de sedimentação foi a mais elevada do testemunho em estudo, com 0,0273 cm de solo orgânico em 1 ano, refletindo o início da instalação da vereda na área estudada. Altas taxas de sedimentação também foram vistas em outros registros de veredas, como verificado em Cassino, Martinho e Caminha (2018). Os autores, ao estudarem a vereda São José encontraram uma taxa de sedimentação de 0,034 cm ano⁻¹ na parte basal do testemunho. Cassino e Meyer (2013), ao estudarem a vereda Laçador (Buritizeiro-MG), também encontraram uma taxa de sedimentação elevada (0,0216 cm ano⁻¹) no início da instalação da vereda. E também Pires, Meyer e Gomes (2016), ao realizarem o estudo polínico do testemunho da vereda Juquinha/Cuba (Parque Estadual da Serra do Cabral), encontraram uma alta taxa de sedimentação de 0,0231 cm ano⁻¹ no início da instalação da vereda.

No intervalo de 85-87 cm, a idade foi 19.972 anos cal AP, final do Último Máximo Glacial (UMG), momento este em que foi registrado a última glaciação, ou seja, houve considerável diminuição da temperatura global, os quais podem variar em escalas espaciais e temporais, como duração de aproximadamente 100 mil anos (PETIT et al., 1999). A taxa de sedimentação entre a profundidade datada anterior e esta foi a menor do testemunho em estudo, com 0,0018 cm ano⁻¹. Barberi, Salgado-Laboriau e Suguio (2000) também encontraram uma baixa taxa de sedimentação (0,0009 cm ano⁻¹) para o intervalo 21.450 a 7.220 anos cal AP, logo englobando o UMG.

O intervalo 59-61 cm evidencia exatamente a transição Pleistoceno-Holoceno inferior, com idade de 11.182 anos cal AP. Taxa de sedimentação com 0,0027 cm ano⁻¹ ainda é considerada baixa. Gomes, Meyer e Pessenda (2017), ao estudarem a vereda Carrasco da Raposa (Parque Estadual da Serra do Cabral, Minas Gerais), encontraram o mesmo valor de taxa de sedimentação entre 21.150 a 6.500 anos cal AP, portanto abrangendo a transição Pleistoceno-Holoceno. Já Cassino e Meyer (2013), ao estudar a vereda Laçador, encontraram uma taxa de sedimentação mais alta que esta (0,0149 cm ao ano) para a transição Pleistoceno-Holoceno (13.245 – 10.425 anos cal AP).

O Holoceno médio foi registrado pelo intervalo datado 45-47 cm com 7.286 anos cal AP, e o Holoceno superior pelo intervalo datado 24-26 cm com 2.732 anos cal AP. As taxas de sedimentação aumentaram em comparação aquelas vistas na transição Pleistoceno

Tardio/UMG, UMG e transição Pleistoceno/Holoceno inferior, com 0,0031 e 0,0042 cm ao ano. Valores semelhantes foram encontrados por Cassino e Meyer (2013), ao estudarem a vereda Laçador, apresentando uma taxa de sedimentação de 0,0043 cm ao ano para o intervalo de 9.543 a 1.331 ano cal AP.

5.4 Composição geoquímica

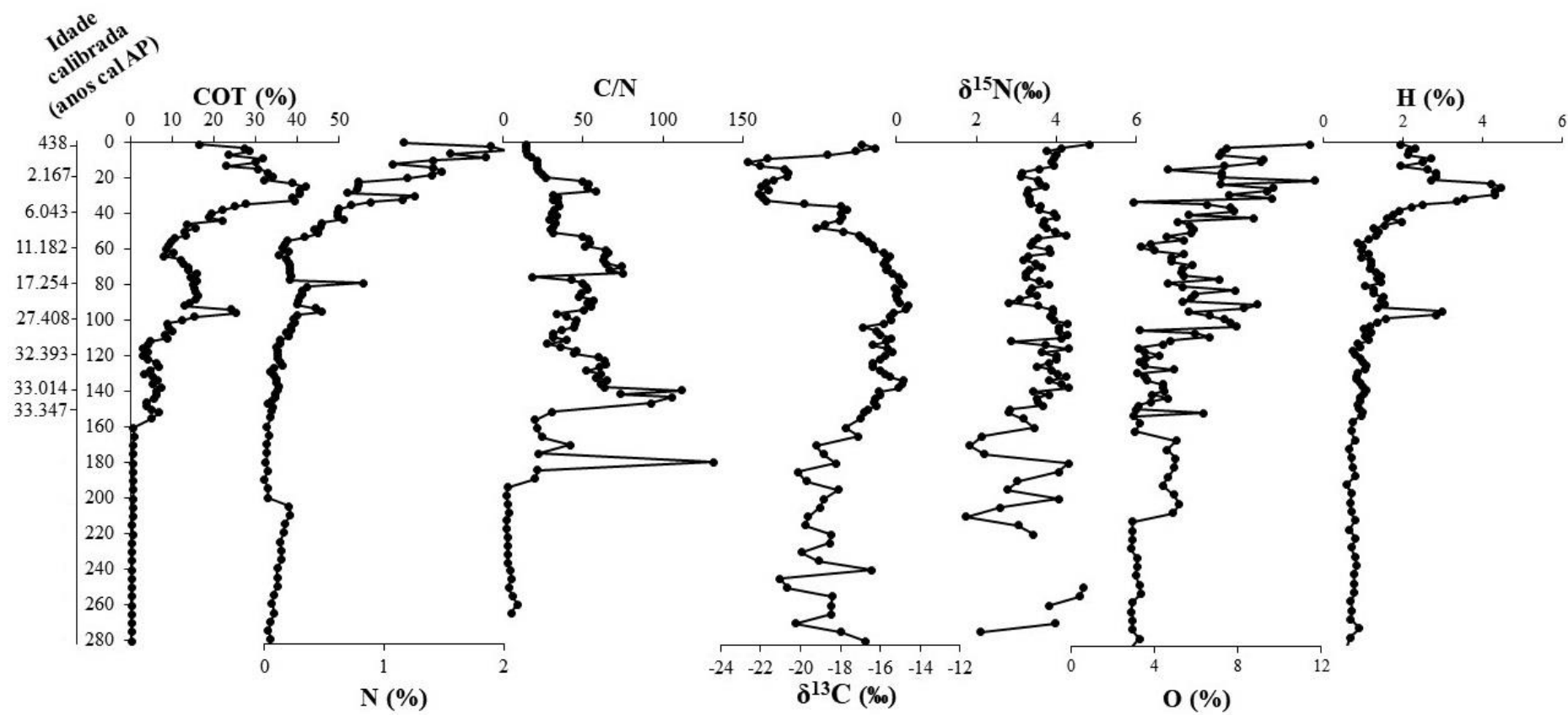
5.4.1 Geoquímica orgânica

Os resultados de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total, razão C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do testemunho podem ser vistos no Anexo B, bem como a distribuição desses com a profundidade e a idade na Figura 6. Do ponto de vista da reconstituição paleoambiental, a determinação desses indicadores fornecem informações a respeito dos incrementos de matéria orgânica e de nitrogênio no depósito sedimentar, a identificação da contribuição de plantas C3, C4, CAM e misturas na formação da matéria orgânica e com isso a verificação das variações das condições de umidade no ambiente de sedimentação, além de permitir inferir a existência de contribuição de matéria orgânica de origem fitoplanctônica (GOMES, MEYER e PESSEDA, 2017).

Os teores de COT variaram entre 3,04% (115-117 cm) e 42,12% (24-26 cm) nos horizontes orgânicos, e entre 0,27% (263-268 cm) e 6,84% (151-153 cm) no horizonte mineral C. Apesar da tendência geral decrescente dos teores com a profundidade, são de destaque dois momentos com elevado aporte de carbono (matéria orgânica), sendo eles: 678-6.877 anos cal AP (3-44 cm; Ho até Hd3) e 23.912-25.049 anos cal AP (94-96 cm; transição Hd5-Hd6). De 32.238 anos cal AP (115 cm; Hd7) até antes de 33.762 anos cal AP (~158 cm; C), apesar de mostrarem teores expressivos de COT, estes foram bem inferiores com 3,04 e 4,92% respectivamente. Após 158 cm (C), portanto, na parte mineral do testemunho, os teores foram muito baixos, com teor médio de 0,63%. Gomes, Meyer e Pessenda (2017) ao estudarem a vereda Carrasco da Raposa (Parque Estadual da Serra do Cabral, Minas Gerais), também verificaram uma tendência decrescente dos valores de COT com a profundidade, porém com uma menor variação (0,76 a 12,01%). Valores com a mesma tendência também foram verificados para os solos de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional, variando entre 0,03 e 54% com uma média de $21 \pm 14\%$ (HORÁK-TERRA et al., 2014).

Teores de N, assim como os de COT, também apresentaram tendência geral decrescente com a profundidade. Na parte orgânica, essa tendência é muito mais pronunciada do presente até 10.662 anos cal AP (58 cm; horizontes Hd4) com teores de N indo de 2,02 a 0,17%, quando

Figura 6 – Teores de COT, N, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, O e H do solo da vereda Pau Grande em relação a profundidade e idade



comparada a de 10.922 anos cal AP (59 cm) até ~34.000 mil anos (155 cm) com teores de N indo de 0,83 a 0,03%. Na parte mineral, os teores de N são muito baixos, variando de 0,01% (178-183 cm) a 0,22% (208-213 cm), com um pequeno desacoplamento em 205,5 cm. Teores elevados na superfície e nas profundidades próximas a ela estão relacionados ao aporte de material vegetal recente (COSTA, 2018). Já teores de N baixos nas partes mais basais do testemunho, além de estarem relacionados a maior contribuição de material mineral, também se devem a maior interação de compostos orgânicos com a biota do solo e as reações químicas com a solução do solo (SILVA et al., 2004). Horák-Terra et al. (2014) também verificaram uma tendência decrescente com a profundidade, com valores variando entre 0,002 e 2,3% com uma média de $0,6 \pm 0,6\%$.

Diferentemente das tendências de COT e N, a razão C/N na parte orgânica apresentou tendência geral crescente com a profundidade. Nos horizontes orgânicos, razão C/N variou de 14,07 em 917 anos cal AP (4-6 cm; horizonte Ho-Hod) a 111,58 em 33.271 anos cal AP (147-149 cm; Horizonte Hd8). Três momentos de aumentos abruptos podem ser verificados aí, sendo: (i) 2.357 a 3.555 anos cal AP (22-29 cm; horizonte Hd2) (ii) 10.141 a 16.659 anos cal AP (56-78 c; horizonte Hd4-Hd5) (iii) 32.700 a 33.196 anos cal AP (130-146 cm; horizonte Hd7-Hd8). Já na parte mineral, é notável uma tendência de decréscimo, mas com dois grandes momentos separados pela profundidade próxima a 205 cm. Um pico elevado pode ser visto na profundidade ~191 cm, com razão C/N de 131,56. Valores de C/N superiores a 20 estão associados a plantas terrestres C3, enquanto valores inferiores sugerem presença de fitoplâncton (MEYERS, 1994; 2003; WILSON et al., 2005). Portanto, de 10 cm até ~200 cm a contribuição de plantas C3 para a formação da matéria orgânica seguramente sempre ocorreu, enquanto que nos primeiros 10 cm e de 200 até 283 cm possivelmente houve um maior incremento da fonte algal. Deve-se destacar que valores elevados de C/N podem também servir de indícios de uma maior mineralização da matéria orgânica, que podem ser acelerados sob condições de redução da umidade no ambiente (HORÁK-TERRA, 2014). Isso faz sentido, considerando que o aumento da razão C/N faz com que ocorra a mudança de fonte principal de origem algal para uma outra fonte que plantas terrestres C3. Valores semelhantes também foram verificados por Horák-Terra et al. (2014) para as turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional, variando entre 12 e 92.

Variações de $\delta^{13}\text{C}$ com a profundidade e na parte orgânica do testemunho, de maneira geral, mostram dois diferentes padrões. Estes dois padrões separam-se na profundidade de 48 cm, em 7.955 anos cal AP. O primeiro padrão (de 8 até 48 cm) mostra uma tendência decrescente dos valores de $\delta^{13}\text{C}$, portanto indicando empobrecimento em ^{13}C (valor mais

empobrecido foi de -22,65‰ em 10-12 cm), e então predomínio de plantas com ciclo fotossintético C3 (arbóreas e gramíneas de ambiente úmido). O segundo padrão, que vai de 48 cm até 160,5 cm (após 34.000 mil anos), diferentemente mostra tendência crescente, indicando enriquecimento do sinal isotópico em ^{13}C (valor mais enriquecido -14,84‰ em 79-81 cm), e então predomínio de plantas com ciclo fotossintético C4 (gramíneas de ambiente mais seco e aberto). Valores próximos aos verificados no segundo padrão podem também ser vistos nos primeiros centímetros do testemunho, com predomínio de C4 do presente até 1.037 anos cal AP (6 cm). Sinais claros de misturas de plantas C3 e C4, e provavelmente CAM (o sinal isotópico desse recobre partes dos sinais de C3 e C4), possivelmente ocorrem na faixa de mudança dos dois padrões citados: entre 5.167 anos cal AP (36 cm) e 7.955 anos cal AP (48 cm), e entre 7.955 anos cal AP e 11.182 anos cal AP (60 cm).

Após 160,5 cm, no material mineral, a distribuição dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ mostra-se de maneira errática, com valores que variam muito, e, possivelmente, indicam mistura de plantas C3, C4 e CAM. O valor mais empobrecido foi de -21,02‰ em 243-248 cm, e o mais enriquecido foi de -16,44‰ em 238-243 cm. Nesta última condição, padrão para o material mineral, as oscilações frequentes são reflexos da instabilidade do ambiente no início da instalação da vereda em estudo, e, conseqüentemente, grande variação da entrada de tipos diferenciados de material vegetal/restos de plantas para dentro do depósito. Gomes, Meyer e Pessenda (2017), ao estudarem a vereda Carrasco da Raposa (Parque Estadual da Serra do Cabral, Minas Gerais), encontraram valores de $\delta^{13}\text{C}$ de -24 a -21,5‰ entre 21.150 a 18.850 anos cal AP, que indicam mistura de plantas C3 e C4. Por volta de 6.500 anos cal AP, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram entre -19,5 a -23,5‰, provavelmente ocorrendo um aumento de plantas C3. Comparando registros Pau Grande e Carrasco da Raposa, os sinais de $\delta^{13}\text{C}$ se mostram mais ou menos próximos no Holoceno médio, nesta última fase citada.

A maior variação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ são vistos no material mineral (de +1,74‰ em 208-213 cm a +4,69‰ em 248-263 cm) quando comparado ao material orgânico (de +2,81‰ em 89-91 cm a +4,82‰ em 0-2 cm). Para a parte orgânica do registro, mesmo que de maneira sutil, pode-se observar que existem tendências decrescentes de $\delta^{15}\text{N}$ como nos intervalos entre o presente até 2.101 anos cal AP (0-19 cm; horizontes Ho-Hod), entre 9.195 e 21.760 anos cal AP (52-90 cm; horizontes Hd4-Hd5) e entre 32.144 e 33.573 anos cal AP (112-152 cm; horizontes Hd7-Hd8). Tendências de aumento, ainda na parte orgânica, são vistas entre 2.167 e 8.958 anos cal AP (20-51 cm) e entre 22.207 e 32.113 anos cal AP (91-111 cm). De acordo com Peterson e Howarth (1987), valores de $\delta^{15}\text{N}$ próximos a +0,5‰ indicam presença de plantas C3, valores próximos de +8,5‰ indicam presença de algas e valores entre eles indicam

mistura das duas fontes. Portanto, os valores quando decrescentes podem indicar um aumento de plantas arbóreas e/ou herbáceas de Campo Úmido, enquanto que valores crescentes podem indicar um aumento de algas no ambiente estudado (indicativas da presença de um lago ou um corpo de água raso). Deve-se destacar que os primeiros 4 cm, intervalo entre o presente e 797 anos cal AP, o sinal de $\delta^{15}\text{N}$ é o mais enriquecido do testemunho. Já para a parte mineral, apesar da maior variação, dois momentos antes de 34.000 mil anos são de destaque com enriquecimentos em $\delta^{15}\text{N}$: um entre 180,5-220,5 cm e outro entre 220,5-270,5 cm. Na vereda Carrasco da Raposa, entre 18.850 e 21.150 anos cal AP, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ foram de 1,0 a 3,5‰, indicando uma provável mistura de matéria orgânica de algas e plantas terrestres (GOMES, MEYER e PESSEDA, 2017), valores semelhantes aos encontrados na vereda Pau Grande para o mesmo intervalo.

Os teores de hidrogênio e oxigênio apresentaram tendência geral decrescente com a profundidade, variando entre 0,59 a 4,47% e 2,83 a 11,95%, respectivamente. Os valores mais altos de H coincidem com os valores mais altos de C, entre 2482 a 3090 anos cal AP (23-29 cm; Horizonte Hd2).

5.4.2 Geoquímica inorgânica

A distribuição das concentrações de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca (g kg^{-1}) e Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br ($\mu\text{g g}^{-1}$) com a profundidade e a idade encontram-se nas Figura 7 e 8, respectivamente. Deve-se destacar que em algumas profundidades de alguns elementos, são vistas ausências das concentrações mínimas, ou seja, algumas concentrações não foram determinadas devido à resolução do aparelho XRF utilizado.

Variações das concentrações dos elementos maiores e menores S, P, Si, Al, Fe, Ti, K e Ca (mínimas-máximas) na parte orgânica do testemunho foram respectivamente: 0,71-5,38 g kg^{-1} ; 2,18-5,61 g kg^{-1} ; 227-641 g kg^{-1} ; 84-401 g kg^{-1} ; 2,55-37,28 g kg^{-1} ; 0,62-7,16 g kg^{-1} ; 0,30-5,61 g kg^{-1} ; e 0,10-1,38 g kg^{-1} . Já no horizonte mineral, elementos S, Si, Al, Fe, Ti, K e Ca apresentaram as seguintes variações: 8×10^{-5} - 15×10^{-5} g kg^{-1} ; 592-911 g kg^{-1} ; 46-289 g kg^{-1} ; 0,84-3,42 g kg^{-1} ; 0,87-7,56 g kg^{-1} ; 0,58-1,29 g kg^{-1} ; e 0,10-0,77 g kg^{-1} . Para o elemento P na parte mineral, as concentrações não puderam ser determinadas (valores muito baixos ou ausentes). Horák-Terra et al. (2014) ao estudarem os solos de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional verificaram as seguintes variações das concentrações dos elementos Si, Al e Ti, respectivamente: 6-480 g kg^{-1} , 4,8-155,4 g kg^{-1} e 0,1-13,7 g kg^{-1} .

Os elementos Si, Al e Ti apresentaram mesma tendência geral de aumento com a profundidade na parte orgânica. No entanto, a partir do limite que separa orgânico-mineral na

Figura 7 – Concentrações (em g kg⁻¹) de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca do testemunho da vereda Pau-Grande

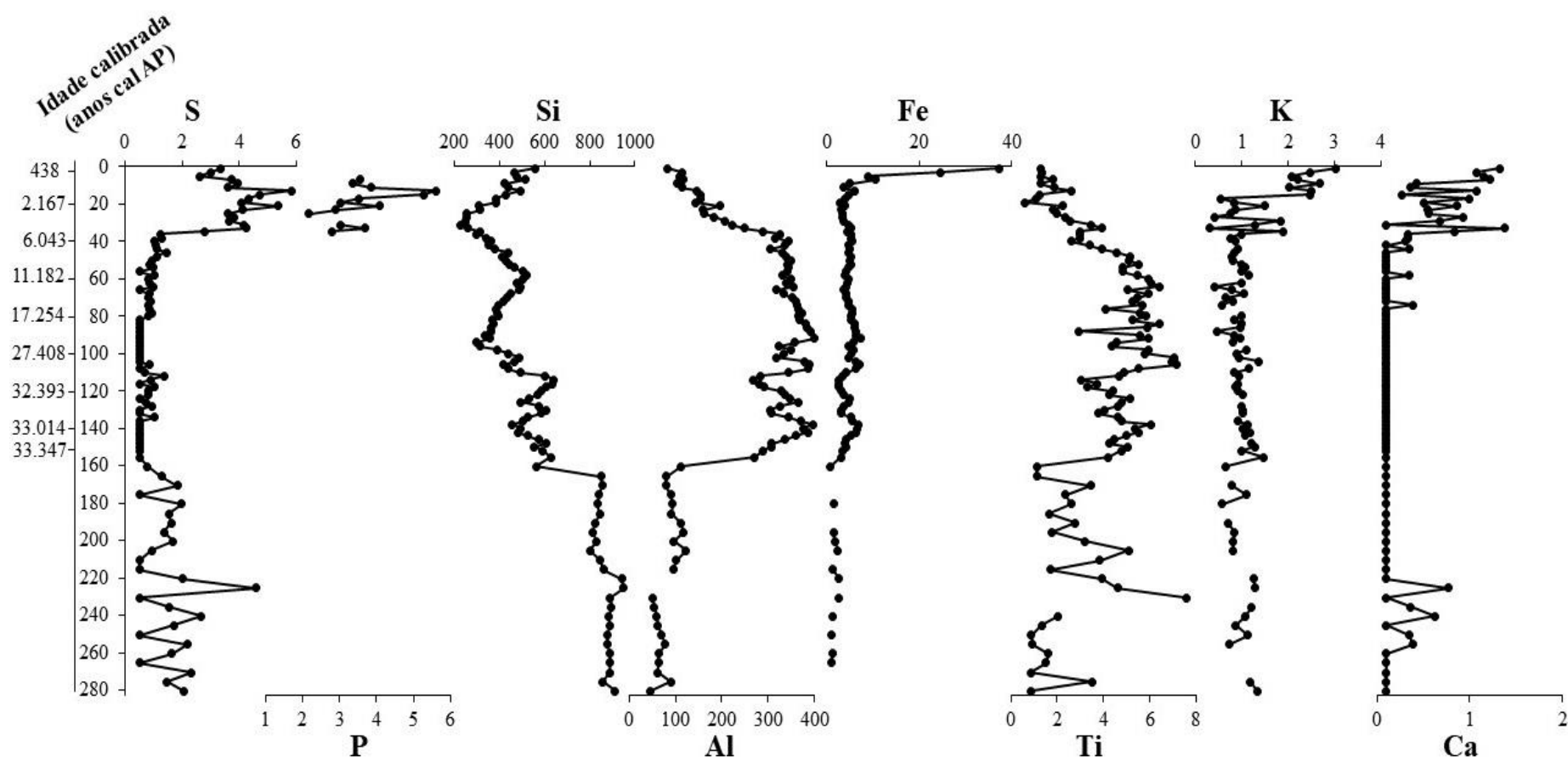
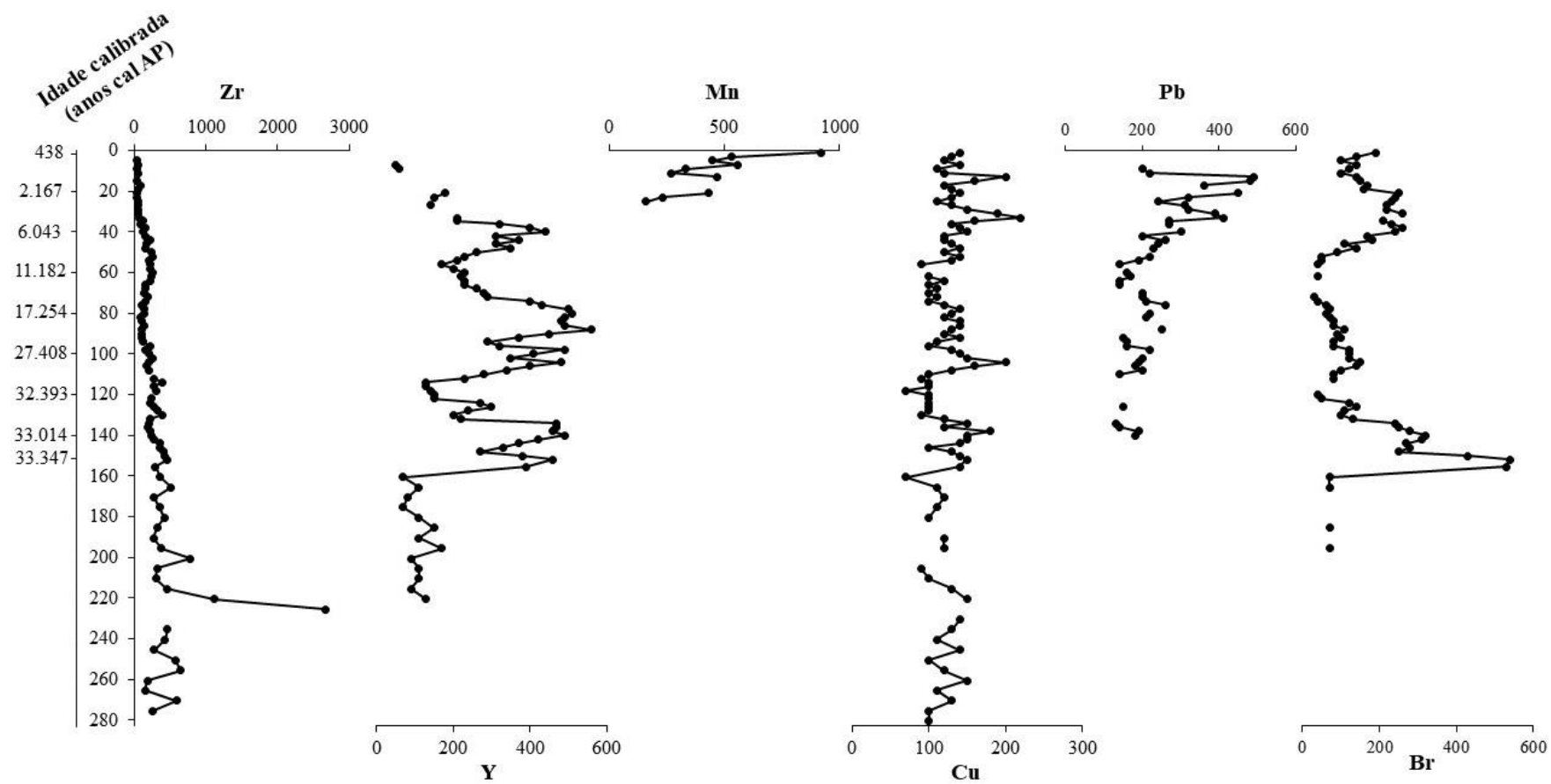


Figura 8 – Concentrações ($\mu\text{g g}^{-1}$) de Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br do testemunho da vereda Pau-Grande



profundidade 151 cm (33.384 anos cal AP) e em todo o material mineral (151-283 cm), a tendência para o Al e Ti foi inversa, ou seja, enquanto Si continuou com tendência crescente (e as maiores concentrações do testemunho), Al e Ti apresentaram tendência decrescente atingindo os valores mínimos para o testemunho em estudo. Para todos os três elementos aqui citados vale destacar que na profundidade ~221 cm (horizonte C) é vista uma diferenciação de dois padrões, mesmo dentro deste pacote sedimentar arenoso. Elementos S e Ca apresentaram tendências similares, com picos de aumento nos primeiros 6.000 anos vistos nos primeiros 40 cm (as maiores concentrações do testemunho). Após essa profundidade, decréscimos das concentrações foram vistos até atingir a parte mineral, passando por valores mínimos, e em algumas profundidades, até concentrações limites não detectáveis. Concentrações de S e Ca retornam a aumentar na parte mineral mais basal, S após 160 cm e Ca após 220 cm (ambos após 34.000 anos AP). Elementos P e K também apresentaram padrões similares de distribuição, com tendência geral decrescente em todo o testemunho, com concentrações mais elevadas nos primeiros 5.000 anos AP (primeiros 35 cm).

Elementos-traço litogênicos Zr e Y nos horizontes orgânicos apresentaram variações (mínimas-máximas) das concentrações determinadas de: 40-400 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 50-560 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente. Na parte mineral, as concentrações foram de 20-2.670 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 70-460 $\mu\text{g g}^{-1}$. Uma variação maior entre os valores de Zr entre 3 e 542 $\mu\text{g g}^{-1}$ foram encontrados por Horák-Terra et al. (2014) para as turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional e Costa (2018) ao estudar a turfeira do Rio Preto encontrou valores de Y variando entre 30 e 130 $\mu\text{g g}^{-1}$, com tendência geral semelhante (do topo para a base).

As tendências gerais para Zr e Y foram crescentes do topo até 233 cm para Zr e do topo até ~156 cm para Y. Apesar da tendência geral ter sido similar, as maiores concentrações de Zr estiveram na parte mineral, enquanto que as maiores concentrações para Y estiveram na parte orgânica (principalmente entre 4.937 anos cal AP até ~34.000 anos AP).

Elementos-traço metálicos Mn, Cu, e Pb nos horizontes orgânicos apresentaram variações (mínimas-máximas) de: 230-920 $\mu\text{g g}^{-1}$; 90-220 $\mu\text{g g}^{-1}$; e 130-490 $\mu\text{g g}^{-1}$. Na parte mineral, para o elemento Cu, a variação foi de 70-150 $\mu\text{g g}^{-1}$. Os elementos Mn e Pb não apresentaram concentrações determinadas no horizonte mineral (valores muito baixos ou ausentes). Variações semelhantes de Cu (80-240 $\mu\text{g g}^{-1}$) foram verificados na turfeira do Rio Preto (COSTA, 2018).

O elemento Mn apresentou concentrações determinadas somente nos primeiros 30 cm, com decréscimo até 3.787 anos cal AP. Pb apresentou elevadas concentrações de 1.291 anos cal AP (9 cm) até 33.014 anos cal AP (140 cm), e também com tendência decrescente. Já para

Cu, é nítida uma grande variação das concentrações, mas com uma clara distinção de padrões entre a parte orgânica e a mineral. Na mineral, a distribuição é muito mais errática. Além destas observações, é notável que os maiores picos de Cu ocorreram nos horizontes orgânicos, respectivamente em 1.639 anos cal AP (13 cm), 4.478 anos cal AP (33 cm), 29.990 anos cal AP (104 cm) e em 32.951 anos cal AP (138 cm).

O elemento halogênico Br apresentou variação de concentração 30-540 $\mu\text{g g}^{-1}$ na parte orgânica do testemunho, enquanto que na parte mineral a variação da concentração determinada foi de 70-530 $\mu\text{g g}^{-1}$. Costa (2018) encontrou uma menor variação de concentração de 30-130 $\mu\text{g g}^{-1}$ para a turfeira do Rio Preto.

As concentrações mais elevadas de Br foram vistas nos intervalos 2.482 a 6.043 anos cal AP (23-40 cm) e 32.887 anos cal AP até ~34.000 anos AP (136-156 cm). O término deste último momento, com as maiores concentrações do testemunho, ocorreu justamente no limite material orgânico-material mineral.

5.4.3 Agrupamentos geoquímicos - Análise por Componentes Principais (PCA)

Quatro componentes principais explicaram ~85% da variação total da composição geoquímica apenas do material orgânico do testemunho Pau Grande (TABELA 3 e FIGURA 9). A primeira componente (CP1) explicou ~36% da variação, mostrando o S e Ca cargas positivas altas e o Al, Y e Ti cargas negativas elevadas e o Zr carga negativa moderada. S e Ca são elementos biofílicos, então, provavelmente, são dependentes do conteúdo de matéria orgânica total. Já os elementos Al, Y, Ti e Zr ocorrem associados as frações minerais inorgânicas. Dado que o material geológico da bacia da vereda estudada é o arenito (Formação Urucuia), constituído principalmente por quartzo, conteúdos do elemento Si estão principalmente relacionados à esse material fonte local. No entanto, Si pela PCA, esteve em outra componente principal que será descrita a seguir (CP2). Portanto, seguindo esse raciocínio (eximindo a hipótese de CP1 ser um sinal local) e associada a informação de que os elementos Al, Y, Ti e Zr são componentes de partículas inorgânicas muito finas (SCHUETZ, 1989), e que podem ser depositados na forma de poeira transportada pelo vento (TABOADA et al., 2006; MARGALEF et al., 2014), a CP1 é um sinal regional dos processos geoquímicos atuantes. Sob condições de maior instabilidade regional, como por exemplo, maior frequência e intensidade de ventos, provavelmente ocorreram eventos com maior entrada de poeira fina contento os elementos inorgânicos citados -Al, Y, Ti e Zr, e, sob condições de maior estabilidade no ambiente regional, a deposição dos elementos S e Ca foram favorecidos. Embora CP1 não seja o principal fator controlador dos conteúdos de N, H, C e H no material orgânico da vereda

Tabela 3 – Factor loadings para as quatro componentes principais obtidas pela Análise por Componentes Principais (PCA)

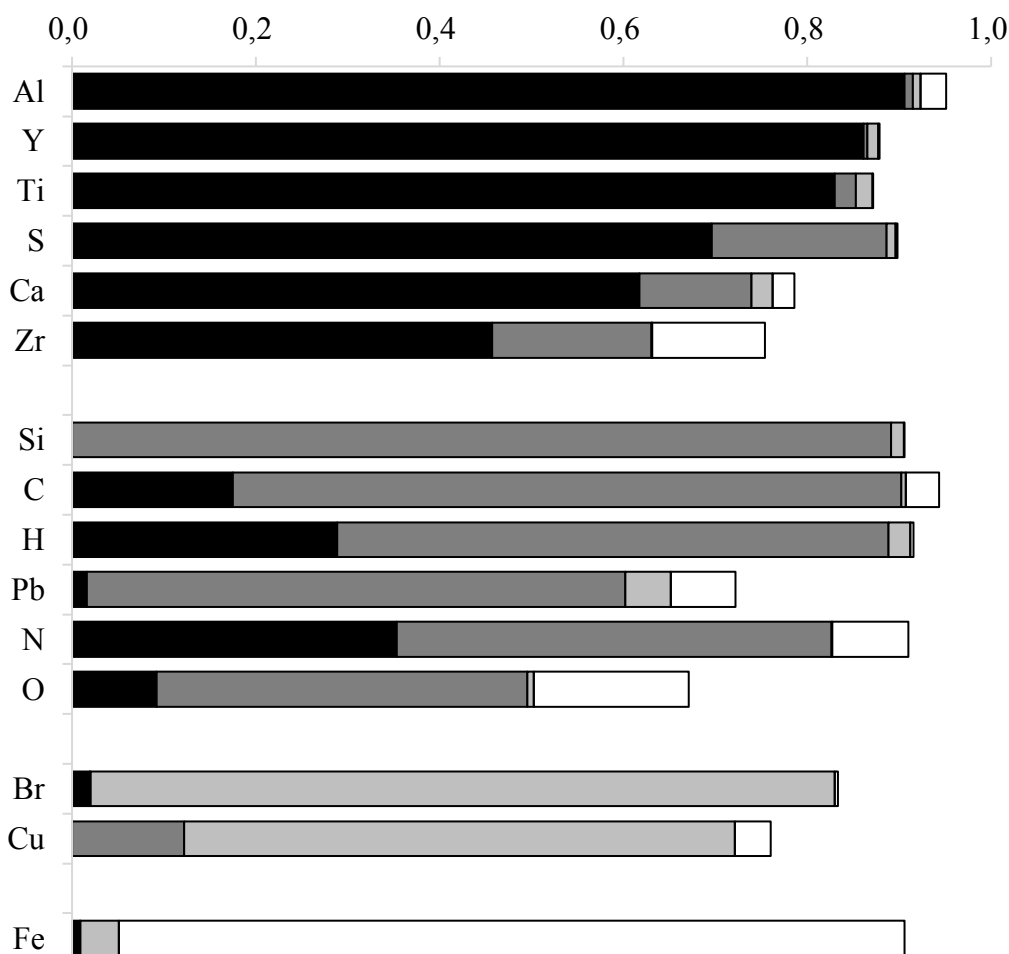
	CP1	CP2	CP3	CP4
Al	-0,952	-0,098	-0,092	-0,166
Y	-0,928	-0,064	0,109	0,041
Ti	-0,911	-0,151	-0,135	-0,021
S	0,834	0,436	0,101	-0,044
Ca	0,786	0,350	0,152	0,154
Zr	-0,676	-0,416	0,017	-0,351
Si	-0,011	-0,944	-0,117	-0,031
C	0,418	0,853	0,069	0,191
H	0,537	0,775	0,154	0,057
Pb	0,126	0,766	0,223	-0,265
N	0,594	0,688	0,031	0,287
O	0,303	0,635	0,083	0,411
Br	0,138	0,029	0,900	0,057
Cu	-0,017	0,349	0,774	0,198
Fe	0,092	0,027	0,204	0,925
Autov	5,320	4,330	1,620	1,440
Var (%)	35,460	28,840	10,819	9,580
var ac	35,460	64,310	75,126	84,709

Autov: autovalores; **Var (%):** percentagem da variância explicada; **Var ac:** variância explicada acumulada.

(constituintes da matéria orgânica do solo), esses também tiveram proporções significativas das suas variâncias, respectivamente 35%, 29%, 18% e 9%, e com cargas positivas. Esta informação suporta a interpretação de que S e Ca são dependentes da matéria orgânica. Em turfeiras na Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais (HORÁK-TERRA et al., 2015; 2020;), da Espanha (TABOADA et al., 2006) e da Ilha de Páscoa (MARGALEF et al., 2014), os conteúdos de Al, Ti e Y também indicaram deposição de poeira transportada de longas distâncias (SCHUETZ, 1989; TABOADA et al., 2006; MARGALEF et al., 2014; HORÁK-TERRA et al., 2015).

A segunda componente principal (CP2) explicou ~29%, tendo o C, H, Pb cargas positivas elevadas, N e O cargas positivas moderadas, e o Si carga negativa elevada. Os elementos C, N, H e O são constituintes da matéria orgânica do solo (MOS) ou ligados a ela (Pb), e seus teores variam conforme o conteúdo deste componente (BLASER et al., 2000; BIESTER; MARTÍNEZ CORTIZAS; KEPPLER, 2006; WEI et al., 2012).

Figura 9 - Fracionamento das comunalidades das variáveis geoquímicas utilizadas na Análise por Componentes Principais (PCA) das amostras da vereda Pau Grande



A comunalidade de cada variável (proporção da sua variância explicada por cada componente) corresponde ao comprimento total da barra. As variáveis são ordenadas pelo componente com maior parcela da variância.

Conforme citado acima, o Si é indicativo de material mineral provavelmente derivado do quartzo do substrato geológico que integra toda a área de estudo, representados pelo arenito Urucuia. Sendo assim, a CP2 é sinal local de mudanças no ambiente. As cargas opostas do CP2 indicam que à medida que o conteúdo de material mineral local aumenta, geralmente em condições de instabilidade do ambiente local, o incremento de matéria orgânica derivado dos restos de vegetação formadores do solo orgânico diminui, sugerindo um efeito de diluição. Sinais de fundo local, representados pela mesma composição elementar, também foram encontrados em testemunhos de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional (HORÁK-TERRA et al., 2014; HORÁK-TERRA et al., 2015) e em testemunhos de turfeira da ilha de Bornéu, sudeste da Ásia (WEISS et al., 2002) e depósitos de turfa na província central de Yunnan, sudoeste da China (WEI et al., 2012).

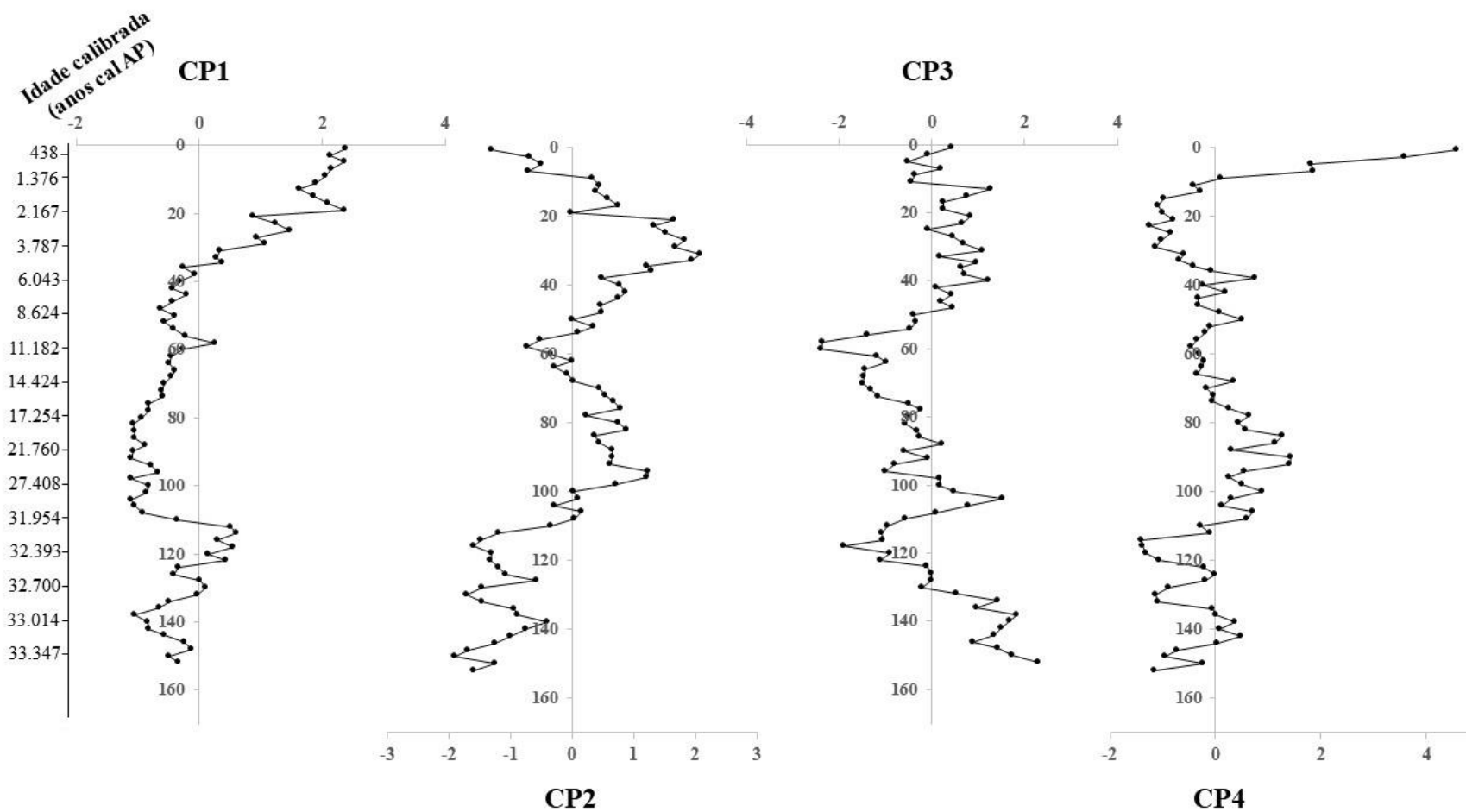
A terceira componente, CP3, explicou ~11%, tendo o Cu e o Br cargas positivas elevadas. De maneira geral, esses elementos encontram-se ligados a matéria orgânica do solo ("organically-bound"). No entanto, a contribuição de C, bem como outros elementos constituintes da matéria orgânica, foi muito baixa para CP3. Isso quer dizer que os conteúdos de Cu e Br em determinados momentos na vereda Pau Grande, não se deveram ao conteúdo total de matéria orgânica, e sim a presença de matéria orgânica humificada halogenada (com Br) com capacidade para fixar metais (Cu). De acordo com Horák-Terra et al. (2020), o Br tem como principal fonte os oceanos, que atinge o solo por precipitação e se acumula nos compostos organo-halogenados, portanto, podem indicar atividades de circulação atmosféricas elevadas e/ou momentos mais úmidos (BIESTER; MARTÍNEZ CORTIZAS; KEPPLER, 2006).

Por fim, a quarta componente principal (CP4) explicou ~10%, tendo como único componente o Fe e com carga positiva alta. O Fe possui comportamento redox forte, e sua ocorrência pode indicar elevadas flutuações do nível do lençol freático, sendo remobilizado sob condições anóxicas (STEINMANN e SHOTYK, 1997; CHESWORTH et al, 2006).

Na figura 10, podem ser encontradas as distribuições dos escores das componentes principais extraídas da composição geoquímica do testemunho da Vereda Pau Grande. A CP1 apresentou pontuações que decrescem com a profundidade até ~31.636 anos cal AP (108 cm). Vale destacar que, do presente até 4.937 anos cal AP (~35 cm), os escores ainda foram positivos, indicando ainda uma certa estabilidade do ambiente regional. Entre 32.207 e 32.455 anos cal AP (114-122 cm), houve um aumento nas pontuações de CP1, e com isso aumentando a estabilidade no ambiente regional, mesmo que em um curto espaço de tempo geológico. Após 32.639 anos cal AP (128 cm), os escores voltaram a decrescer para valores negativos. Portanto, é visto que, de maneira geral, momentos de instabilidade no ambiente regional principalmente relacionadas a maior atividade eólica (maior frequência e/ou intensidade de ventos) ocorreram, principalmente no Pleistoceno -no UMG e períodos próximos-, bem como no Holoceno Inferior indo até Holoceno Médio.

Dois grandes momentos são vistos com escores de CP2 positivos, um entre 1.291 a 9.668 anos cal AP (9-54 cm) e outro entre 13.802 a 31.636 anos cal AP (68-108 cm). Portanto, durante estes dois longos períodos, as condições ambientais locais permitiram um maior incremento e acúmulo de material orgânico frente à entrada de material mineral quartzo. No entanto, mesmo dentro destes longos intervalos, vale ressaltar os picos de aumento mais intensos entre 2.232 e 5.167 anos cal AP (21-36 cm) e entre 23.912 e 25.049 anos cal AP (94-96 cm), refletindo os períodos com a maior estabilidade ambiental local da Vereda Pau Grande.

Figura 10 - Distribuição dos escores fatoriais das quatro componentes principais extraídas da composição geoquímica do testemunho da vereda Pau Grande



5.167 anos cal AP (21-36 cm) e entre 23.912 e 25.049 anos cal AP (94-96 cm), refletindo os períodos com a maior estabilidade ambiental local da Vereda Pau Grande.

De maneira geral, as pontuações da CP3 mostraram padrões distintos para o Holoceno e Pleistoceno. Mesmo com a elevada flutuação dos escores do presente até 9.195 anos cal AP (52 cm), a maior parte deles apresentou valores positivos (exceto entre 678 e 1.461 anos cal AP; 3-11 cm). Já para o Pleistoceno, após o decréscimo dos escores no final do Holoceno Inferior, duas tendências de aumento foram verificadas (separam-se em 29.990 anos cal AP, na profundidade 104 cm, quando é visto o maior pico de aumento de CP3). No entanto, mesmo apresentando estas tendências de aumento, a maioria apresentou valores negativos. Valores positivos são vistos entre 26.229 e 31.636 anos cal AP (98-108 cm) e entre 32.700-33.762 anos cal AP (130-153 cm). Portanto, os maiores acúmulos de Cu, provavelmente em uma matéria orgânica humificada mais halogenada com Br, ocorreram com mais frequência no Holoceno.

Os escores mais elevados de CP4 vistos nos primeiros 1.122 anos (0-7 cm), apesar da tendência decrescente das pontuações. De 1.461 até 31.636 anos cal AP (11-108 cm), a tendência foi crescente, com escores principalmente negativos até 15.532 anos cal AP (74 cm) e positivos de 16.064 até 31.636 anos cal AP. Após 32.144 anos cal AP (112 cm), os escores apresentaram uma outra tendência, distinta das demais, com uma maior frequência nas oscilações e com escores no geral negativos (positivos somente entre 32.951 e 33.076 anos cal AP; 138-142 cm).

5.5 Palinologia

A análise palinológica do testemunho, que envolve identificação dos palinomorfos polínicos e não polínicos, bem como contagem destes, foi realizada até o momento somente nos níveis superiores, até profundidade 31 cm, e, portanto, abrangendo os últimos 4 mil anos. Sendo assim, os níveis analisados foram: 4-5 cm, 9-10 cm, 20-21 cm, 25-26 cm e 30-31 cm.

Na análise, 97 tipos polínicos foram identificados, sendo 96 pertencentes ao grupo das Angiospermas, e somente 1 pertencente ao grupo das Gminospermas (*Podocarpus*) (FIGURAS 11 a 13; APÊNDICE A - Pranchas 1 a 10). Além disso, foram também identificados 83 tipos de palinomorfos não polínicos (NPP's), sendo: 13 tipos de esporos de pteridófitas, 2 tipos de briófitas, 18 tipos de algas, 32 tipos de fungos, 14 tipos de dinoflagelados, 1 tipo de crustáceo, 1 rotífera e 2 tipos de artrópodes (FIGURAS 14 a 15; APÊNDICE B - Pranchas 1 a 11). Alguns tipos polínicos e não polínicos foram enquadrados nas fitofisionomias e indicadores ambientais conforme a tabela 4. Os cálculos percentuais estão representados nos diagramas polínicos

regional (arbóreas e não arbóreas terrestres) e local (higro-hidrófitas e NPP's). Cálculos de concentração podem ser vistos nos Apêndices C e D.

Tabela 4 - Listas dos tipos polínicos e não polínicos (NPP's) agrupados pelos tipos de fitofisionomias e indicadores ambientais

(continua)	
Grupos	Táxons
Vereda	<i>Cyperaceae</i> ; <i>Drosera</i> (Droseraceae); <i>Mauritia flexuosa</i> , <i>Mauritiella armata</i> (Arecaceae); <i>Ludwigia</i> (Onagraceae).
Floresta de altitude	<i>Gaylussacia</i> (Ericaceae); <i>Ilex</i> (Aquifoliaceae); <i>Podocarpus</i> (Podocarpaceae); <i>Sloanea</i> (Elaeocarpaceae).
Cerrado - estrato herbáceo arbustivo	<i>Gomphrena</i> (Amaranthaceae); <i>Lepidaploa aurea</i> (Asteraceae); <i>Solanum</i> (Solanaceae).
Cerrado - estrato arbóreo	<i>Butia/Syagrus</i> (Arecaceae); <i>Caryocar brasiliensis</i> (Caryocaraceae); <i>Byrsonima</i> (Malpighiaceae); <i>Copaifera</i> , <i>Pterocarpus</i> (Fabaceae); <i>Erythroxylum</i> (Erythroxylaceae); <i>Pouteria</i> (Sapotaceae); <i>Myrcia</i> (Myrtaceae); <i>Ximenia</i> (Olacaceae); <i>Schefflera</i> (Araliaceae); <i>Hyperbaena</i> (Menispermaceae); <i>Microstachys/Sebastiania</i> (Euphorbiaceae); <i>Palicourea</i> (Rubiaceae); <i>Posoqueria</i> (Rubiaceae); <i>Roupala</i> (Proteaceae).
Cerrado - Mata	<i>Daphnopsis</i> (Thymelaeaceae); <i>Trema</i> (Cannabaceae); <i>Tabebuia</i> (Bignoniaceae); <i>Esenbeckia</i> (Rutaceae).
Mata	<i>Jacaranda</i> (Bignoniaceae); <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Mimosa</i> , <i>Piptadenia</i> (Fabaceae); <i>Cyathea</i> (Cyatheaceae); <i>Emmeorhiza</i> (Rubiaceae); <i>Sorocea</i> (Moraceae); <i>Hedyosmum</i> (Chloranthaceae); <i>Itatiella ulei</i> (Polytrichaceae); <i>Peperomia</i> (Piperaceae); <i>Symphonia globulifera</i> (Clusiaceae); <i>Voyria</i> (Gentianaceae)
Mata de Galeria	<i>Aeschynomene sensitiva</i> (Fabaceae); <i>Lycopodiella cernua</i> (Lycopodiaceae).
Pioneira de Floresta Secundária	<i>Cecropia</i> (Urticaceae); <i>Piper</i> (Piperaceae).
Campo Rupestre	<i>Eriocaulaceae</i> ; <i>Cuphea</i> (Lythraceae); <i>Xyris</i> (Xyridaceae).

Tabela 4 - Listas dos tipos polínicos e não polínicos (NPP's) agrupados pelos tipos de fitofisionomias e indicadores ambientais

	(conclusão)
Mata e Campo Úmido	Melastomataceae; <i>Baccharis</i> (Asteraceae); <i>Campylopodium</i> (Dicranaceae); <i>Utricularia</i> (Lentibulariaceae); <i>Hyperbaena</i> (Menispermaceae), <i>Blechnum</i> (Blechnaceae).
Campo Úmido	Araceae; <i>Bacopa</i> (Scrophulariaceae); <i>Lycopodiella caroliniana</i> , <i>Lycopodiella alopecuroides</i> (Lycopodiaceae), <i>Typha</i> (Thyphaceae); <i>Coelastrum</i> (Scenedesmaceae).
Cerrado - Formações campestres	<i>Amaranthus</i> (Amaranthaceae); <i>Anemia</i> (Schizaeaceae); <i>Baccharis</i> (Asteraceae); <i>Borreria verticillata</i> (Rubiaceae); <i>Hyptis</i> (Lamiaceae); <i>Polygala</i> (Polygalaceae); <i>Spermacoce</i> (Rubiaceae).
Campo	Poaceae.
Mudanças na Hidrologia	<i>Botryococcus</i> (Dictyosphaeriaceae).
Águas Rasa	<i>Mougeotia</i> (Zygnemataceae); <i>Zygnema</i> (Zygnemataceae).
Erosão do Solo	<i>Pseudoschizea</i> (Insertae sedis).
Águas Superficiais e Quentes	<i>Spiniferites</i> ; <i>Parvodinium</i> (Dinophyceae).
Águas doces	Volvocaceae.
Estação seca	Tipo Mediaverrunites.
Sedimentação de argila	<i>Enthoriza</i> .
Secas e/ou presença de fogos	<i>Gelasinospora</i> .

Nos diagramas de percentagem regional, os palinomorfos polínicos estão organizados por hábitos das plantas, seguindo a ordem: arbóreas (A) e arbóreas e arbustivas (AA) (FIGURA 11); arbóreas, arbustivas e subarbustivas (AAA), arbustivas (AR), arbustivas e subarbustivas (AS), subarbustivas (S), arbustivas e lianas (LAR), subarbustivas e lianas (LIS), lianas (L), arbóreas, arbustivas, subarbustivas e lianas (LASA), arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas (LASH), arbustivas, subarbustivas e herbáceas (HAS) e subarbustivas e herbáceas (SUH) (FIGURA 12); e lianas e herbáceas (LIH), herbáceas (H), arbóreas, arbustivas, subarbustivas e herbáceas (HASA), e arbóreas, arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas (HASLA) (FIGURA 13). Já nos diagramas de percentagem local, palinomorfos polínicos e

NPP's estão organizados da seguinte maneira: higro-hidrófitas (HH), briófitas (B), pteridófitas (P) e algas (AL) (Figura 14); e, fungos (F), dinoflagelados (D) e outros não polínicos (FIGURA 15).

Quatro palinozonas (Ia, Ib, I/II e II) foram definidas de acordo com as análises de agrupamentos obtidas. Deve-se destacar aqui que, mesmo as análises tendo sido feitas em separado (análise para regional foi separada da local), as palinozonas foram coincidentes em suas profundidades, e consequentemente idades. Palinozona Ia representa o intervalo 30,5-25,5 cm e 4.019 a 2.603 anos cal AP; Palinozona Ib intervalo 25,5-20,5 cm e 2.603 a 2.232 anos cal AP; Palinozona I/II intervalo 20,5-9,5 cm e 2.232 a 1.376 anos cal AP; e Palinozona II intervalo 9,5-4,5 cm e 1.376 a 797 anos cal AP. A seguir, as palinozonas são descritas com destaque nos seus principais representantes polínicos e outros palinomorfos, e inferências à respeito das principais fitofisionomias e condições do ambiente e clima passados.

5.5.1 Palinozona Ia (4.019 a 2.603 anos cal AP)

A vegetação arbórea foi representada principalmente por *Mauritia flexuosa* (~1,50%) e *Trema* (0,75%) no início da palinozona. *Trema* é comum nas matas do bioma Cerrado, (SOUZA e LORENZI, 2008; CASSINO, 2014), e *Mauritia flexuosa*, palmeira símbolo de vereda, é indicadora dessa fitofisionomia (SOUZA e LORENZI, 2008). *Tabebuia*, táxon arbóreo e arbustivo, de ocorrência preferencial nas formações florestais do Cerrado como nas matas de galeria e no Cerradão (MENDONÇA et al., 2008; SOUZA e LORENZI, 2008), foi visto com maior frequência nessa palinozona (com ~6% em 30-31 cm). Também, os tipos polínicos arbóreos e arbustivos *Copaifera*, *Erythroxylum*, *Hedyosmum*, *Pouteria*, *Pterocarpus* e *Ximenia* foram de destaque. Exceto o *Hedyosmum* - táxon adaptado a locais encharcados ou muito úmidos (SOUZA e LORENZI, 2008), todos os outros são indicadores de estrato arbóreo do Cerrado. Gêneros *Baccharis* e *Cuphea*, ambas arbustivas e subarbustivas, estiveram presentes nessa palinozona, e ocupam, preferencialmente, as formações abertas do bioma Cerrado como o Campo Limpo e o Campo Sujo (MENDONÇA et al., 2008; SOUZA e LORENZI, 2008). Houve uma elevada frequência de *Aeschynomene sensitiva* próximo a 5% em 30-31 cm, uma subarbustiva que pode ser encontrada em solos alagados ou margens de rio (GIRAUD et al., 2000). Dentre as herbáceas, houve maior representatividade de Poaceae e *Xyris*. A Poaceae é uma família importante na vegetação do Cerrado, e, nas veredas, é um dos mais abundantes e diversificados componentes do estrato herbáceo (ARAÚJO et al., 2002; OLIVEIRA, 2005). O gênero *Xyris* é característico de zonas úmidas tropicais e subtropicais (JUDD et al., 2009), ocorrendo com elevada frequência em campo rupestre. No entanto, em áreas de veredas tem

Figura 11 - Diagrama de percentagem regional, organizados por hábitos das plantas, do testemunho da vereda Pau Grande

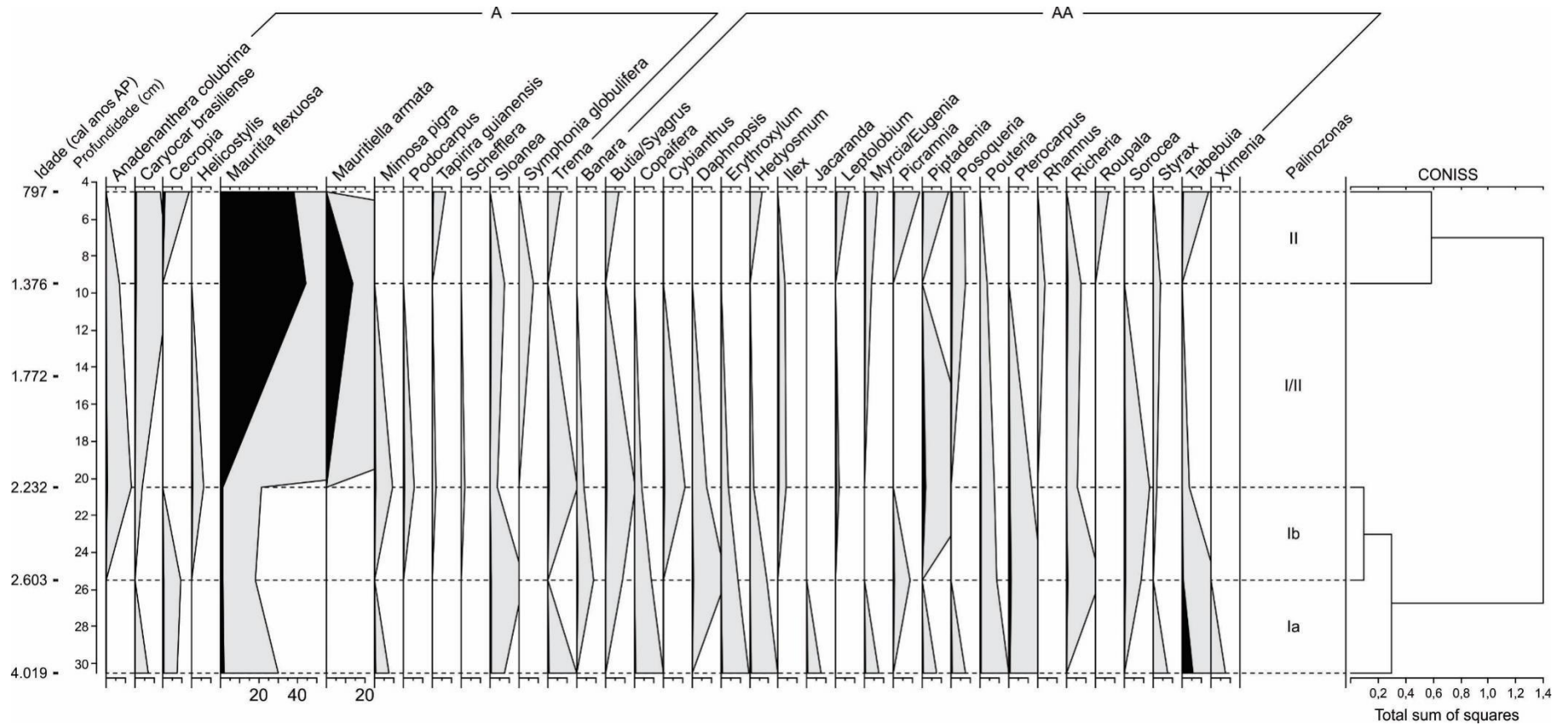
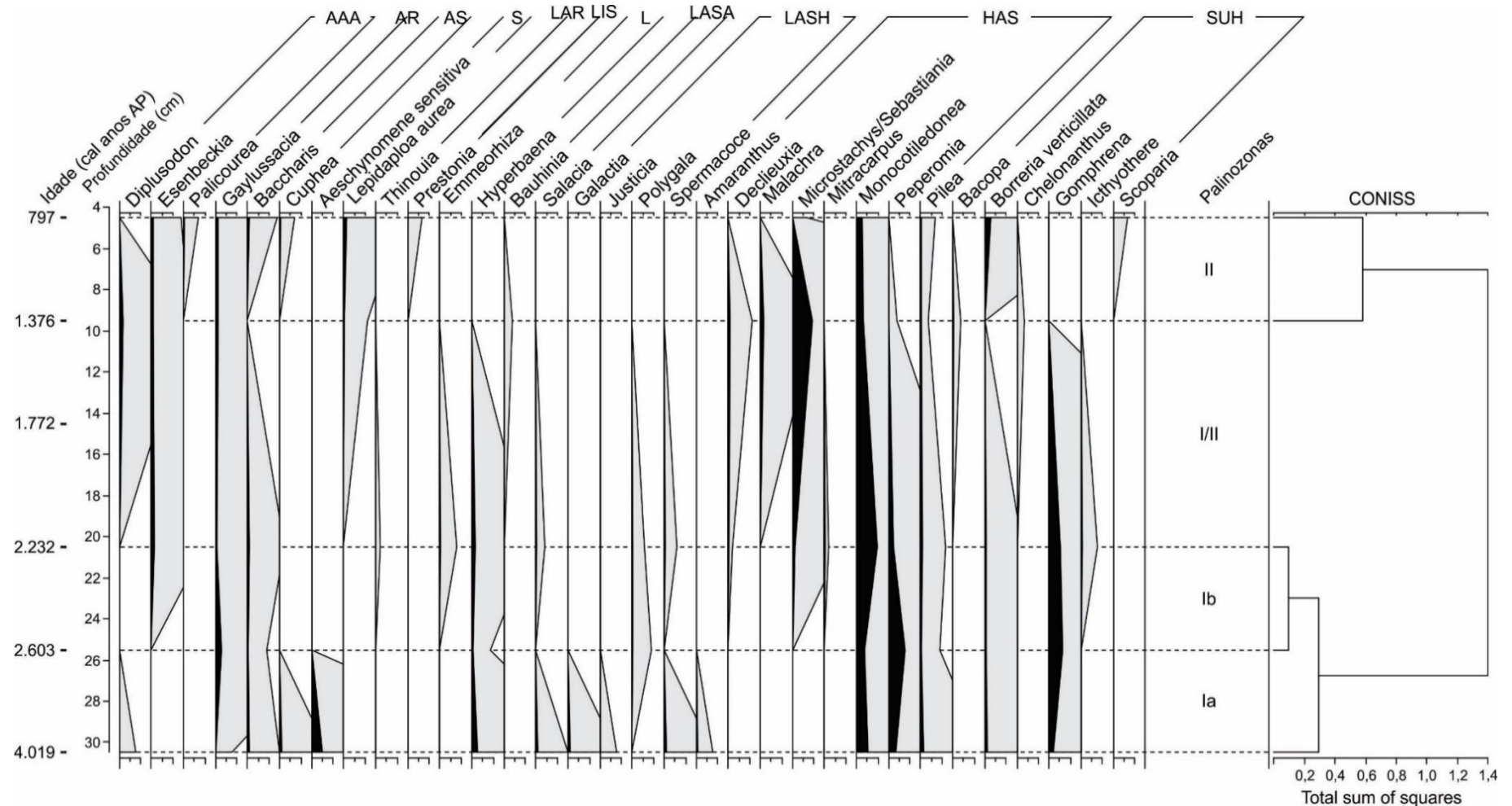
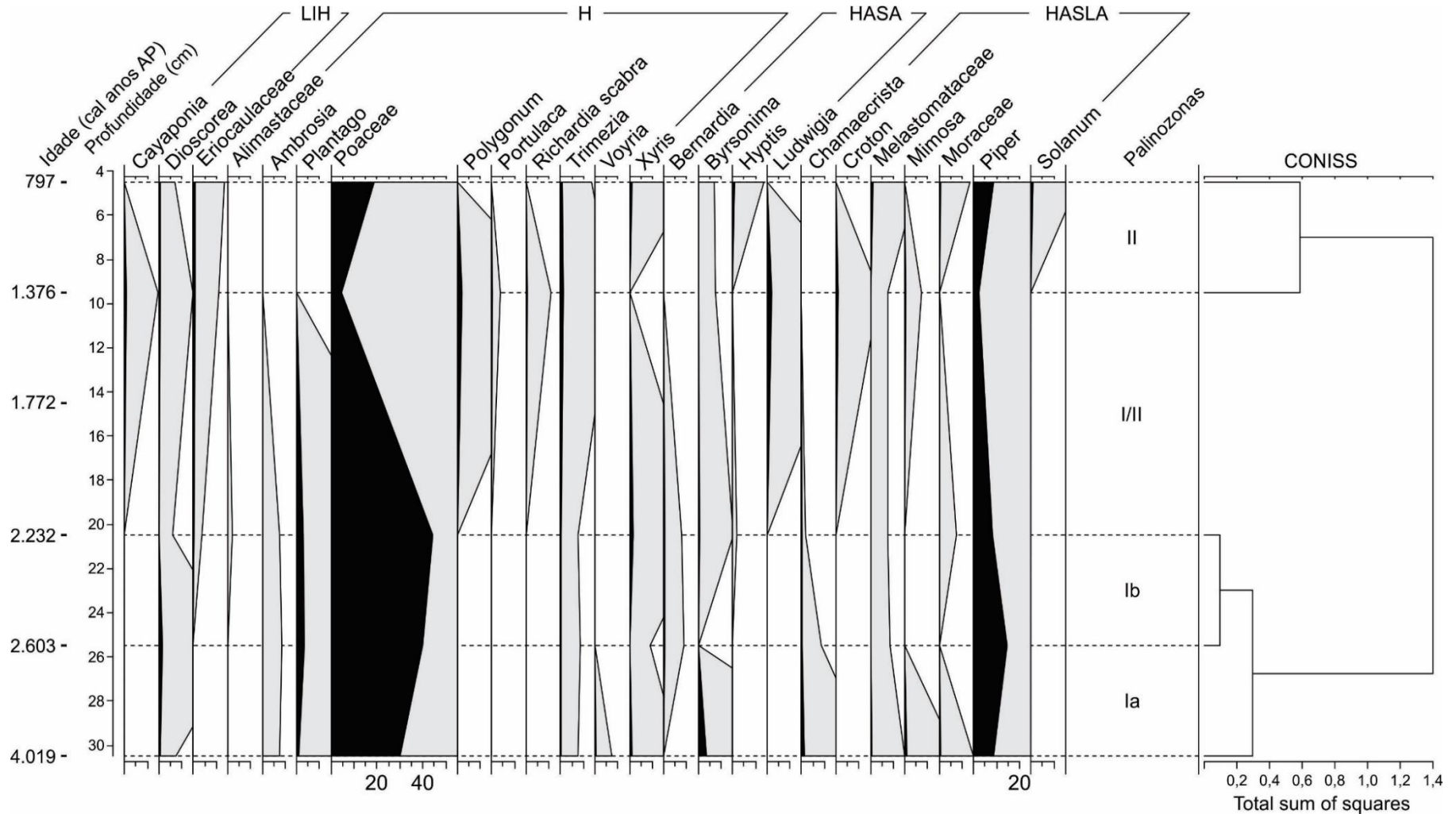


Figura 12 - Diagrama de percentagem regional, organizados por hábitos das plantas, do testemunho vereda Pau Grande



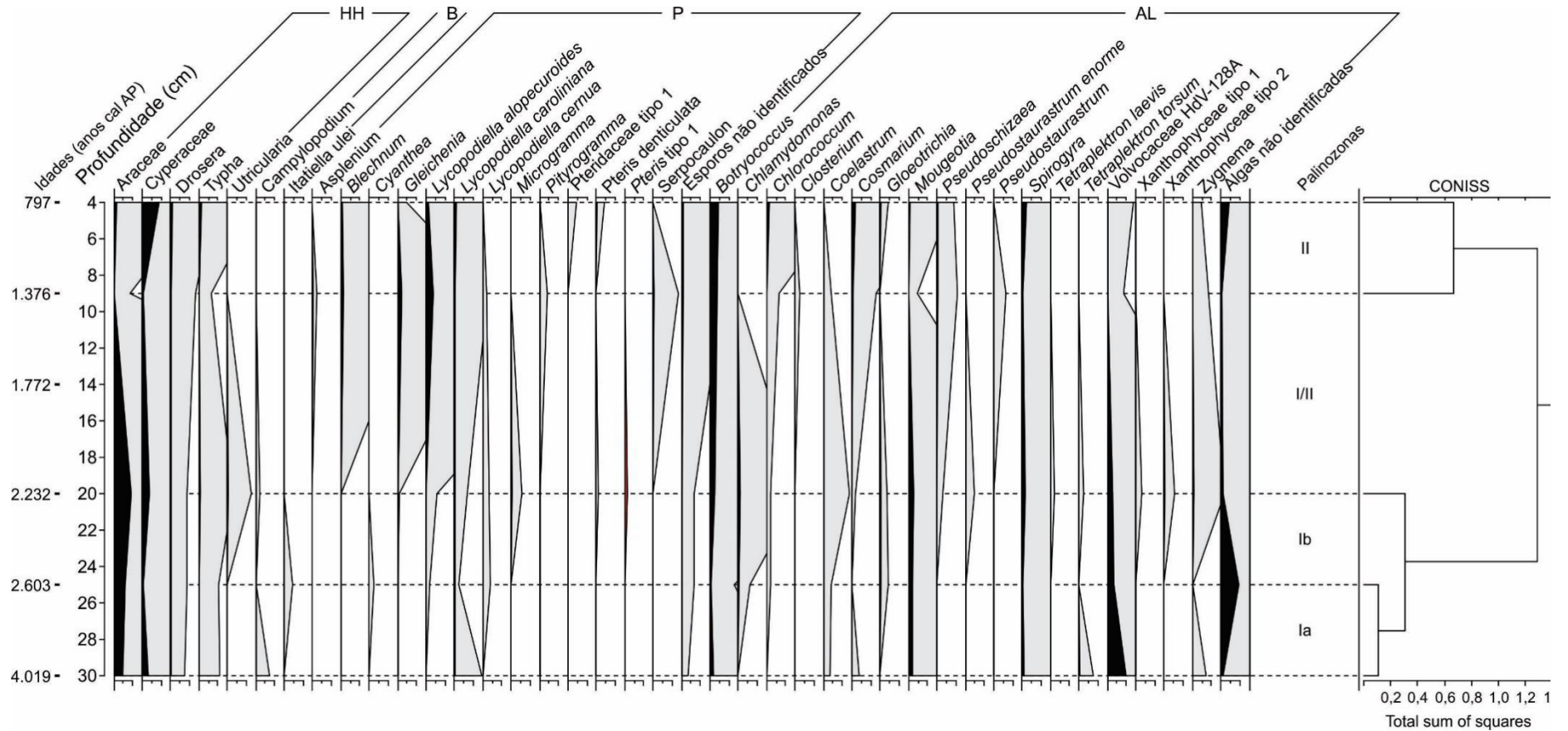
AAA: Arbóreas, arbustivas e subarbustivas; **AR:** Arbustivas; **AS:** Arbustivas e subarbustivas; **S:** Subarbustivas; **LAR:** Arbustivas e lianas; **LIS:** Subarbustivas e lianas; **L:** Lianas; **LASA:** Arbóreas, arbustivas, subarbustivas e lianas; **LASH:** Arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas; **HAS:** Arbustivas, subarbustivas e herbáceas; **SUH:** Subarbustivas e herbáceas. As silhuetas cheias mostram as curvas de percentagens, enquanto que as silhuetas abertas mostram as curvas de exagero de 20x.

Figura 13 - Diagrama de percentagem regional, organizados por hábitos das plantas, do testemunho da vereda Pau Grande



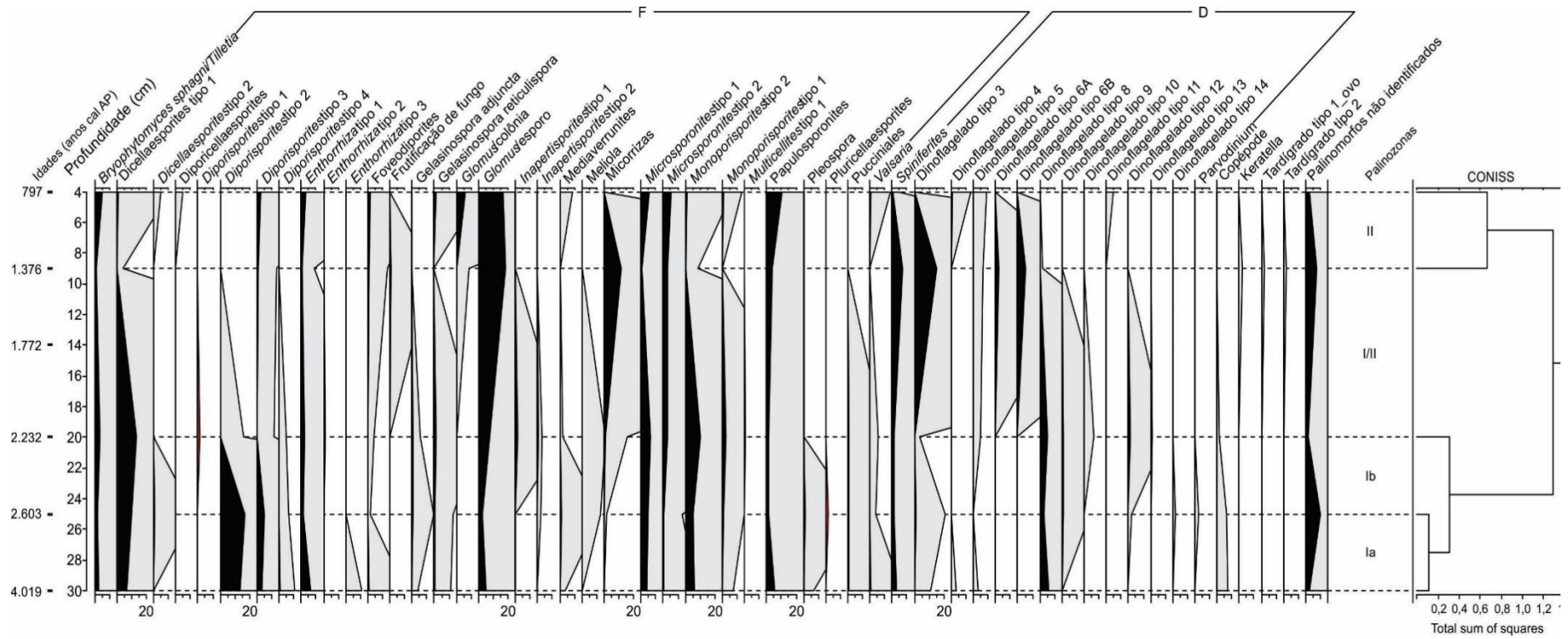
LIH: Lianas; **H:** Herbáceas; **HASA:** Arbóreas, arbustivas, subarbustivas e herbáceas; **HASLA:** Arbóreas, arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas. As silhuetas cheias mostram as curvas de percentagens, enquanto que as silhuetas abertas mostram as curvas de exagero de 20x.

Figura 14 - Diagrama de percentagem local do testemunho da vereda Pau Grande



HH: Higo-hidrófitas; **B:** Briófitas; **P:** Pteridófitas; **AL:** Algas. As silhuetas cheias mostram as curvas de percentagens, enquanto que as silhuetas abertas mostram as curvas de exagero de 25x.

Figura 15 - Diagrama de percentagem local do testemunho da vereda Pau Grande



F: Fungos; D: Dinoflagelados. As silhuetas cheias mostram as curvas de percentagens, enquanto que as silhuetas abertas mostram as curvas de exagero de 25x.

sido descritas em associação com *Drosera*, Cyperaceae e briófitas do tipo *Sphagnum* (CASSINO, 2011). *Voyria*, uma herbácea encontrada com frequência em Floresta Estacional Semidecidual, (MELO e ALVES, 2013), foi verificada somente nesta palinozona. *Byrsonima* também foi verificada com uma alta frequência (~4% em 30-31 cm), sendo está uma arbórea do Cerrado (FLORA DO BRASIL, 2020). Dentre os tipos com hábito arbóreo, arbustivo, subarbustivo, liana e herbácea (hábitos diversos), *Piper*, *Chamaecrista* e *Mimosa* foram os mais representativos. *Piper* é uma pioneira de floresta secundária e possui registro de ocorrência em interior de floresta, mata de galeria e floresta estacional semidecidual (FLORA DO BRASIL, 2020). *Chamaecrista* e *Mimosa* podem ocorrer em campo rupestre e em capões de mata próximos a cursos d'água (CRIA, 2020; FLORA DO BRASIL, 2020).

Localmente, essa palinozona apresentou altas percentagens de hidro-higrófitas, tendo como maior representante o tipo Araceae (~5% em 30-31 cm) e seguido pelo tipo Cyperaceae (~3% em 30-31 cm), ambos os táxons que ocupam preferencialmente ambientes encharcados (JUDD et al., 2009), com uma grande representatividade deste último gênero nas veredas. *Drosera* e *Typha* também foram tipos hidro-higrófitos verificados. *Campylopodium*, uma briófitas de ambiente úmido (YANO E MELLO, 1992), também foi verificada nessa palinozona. *Lycopodiella caroliniana*, uma pteridófitas terrestre encontrada em terrenos úmidos (LORSCHUITTER et al., 1988) e ocorrente nas fitofisionomias campo limpo, campo úmido, campo rupestre e em brejos (MENDONÇA et al., 2008) do bioma Cerrado, é a mais representativa. As algas foram representadas principalmente pela Volvocaceae (com ~10% em 30-31 cm), uma indicadora de águas eutróficas e viventes em águas doces - lagos, lagoas e rios (DEMBOWSKA, 2013), mas, *Mougeotia*, *Botryococcus* e *Spirogyra* também estiveram presentes com elevadas frequências. Esses três tipos de algas são indicadoras de águas eutróficas a mesotróficas, pouco profundas e estagnadas, e, com exceção, *Botryococcus* pode também ocorrer temporariamente (GUY-OHLSON, 1992; VAN GEEL, 1978, 1989). Fungos *Bryophytomyces sphagni/Tilletia*, *Dicellaesporites* tipo 1, *Diporisorites* tipo 2, *Diporisorites* tipo 3, *Enthorriza* tipo 1, *Foveodiporites*, *Glomus*/esporo, *Mediaverrunites*, *Microsporonites* tipos 1 e 2, *Monoporisorites* tipo 1 e 2, *Papulosporonites*, *Pleospora*, *Pucciniales* e *Valsaria*, foram os mais frequentes. *Bryophytomyces sphagni/Tilletia* é um fungo parasita de *Sphagnum* (VAN GEEL, 1976). *Enthorriza* é indicadora de ambientes com sedimentação de argila (VAN GEEL, 1989). Tipo *Mediaverrunites* foi vista por Cassino (2011) e, segundo a autora, a presença deste fungo está associada a presença de uma estação seca mais longa em meio a um período úmido em ambientes de veredas, com os esporos desenvolvendo-se principalmente sobre restos de buriti (*Mauritia*). Dinoflagelados estiveram presentes, principalmente no início da

palinozona, e representados sobretudo pela *Spiniferites* e Dinoflagelado tipo 8; no entanto, Dinoflagelados tipo 4 e 5 também estiveram presentes. *Parvodinium* apareceu neste testemunho somente em 25-26 cm, no final da palinozona. *Spiniferites* e *Parvodinium* são indicadoras de águas doces rasas e quentes. Copépode, um microcrustáceo, esteve presente em toda a palinozona.

5.5.2 Palinozona Ib (2.603 a 2.232 anos cal AP)

Na palinozona Ib, a palmeira *Mauritia flexuosa* esteve com proporções próximas as verificadas na palinozona anterior (~1%). *Tabebuia* -comum na mata de galeria e no Cerradão, mesmo presente, apresentou um decréscimo até o final da palinozona. *Trema*, pioneira que sugere mata aberta, após a sua ausência no início dessa palinozona, esteve presente no final, e junto com o aumento expressivo de *Piptadenia* (aqui atingiu a maior frequência do testemunho até então analisado), sendo que esse táxon ocorre principalmente em Floresta Estacional Semidecidual (CRIA, 2020). *Schefflera* e *Tapirira guianensis*, ambas arbóreas ocorrentes no Cerrado, foram verificadas no final de Ib, assim como *Podocarpus* (arbórea) e *Ilex* (arbórea e arbustiva), mas esses são táxons característicos de clima altimontano (MENDONÇA et al., 2008; SOUZA e LORENZI, 2008) indicando ambiente frio. *Sloanea*, também arbórea indicadora de ambiente ameno, foi vista com maior frequência no início. *Esenbeckia*, foi a única arbórea, arbustiva e subarbustiva verificada nessa palinozona, táxon característico de Cerrado *Stricto Sensu* (RIBEIRO e WALTER, 2008). *Hyperbaena*, liana de ocorrência em Cerrado e mata úmida (CRIA, 2020), foi verificada no final dessa palinozona. *Polygala* e *Spermacoce* foram verificadas no final dessa palinozona, táxons de ocorrência em campo aberto do Cerrado (CRIA, 2020). *Gomphrena*, subarbustiva e herbácea, esteve presente com alta percentagem no início dessa palinozona (~7% em 20-21 cm), táxon característico do estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado (FLORA DO BRASIL, 2020). Dentre as herbáceas, assim como na palinozona anterior, houve maior representatividade de Poaceae e *Xyris*, em maiores proporções. *Piper* também foi verificado nesta palinozona com as mais altas frequências do testemunho até então analisado, no início da palinozona Ib (~15% em 25-26 cm).

Localmente, esta palinozona apresentou percentagens de hidro-higrófitas um pouco mais elevadas que a palinozona anterior, tendo como maiores representantes os tipos Araceae e Cyperaceae (~9% e ~4% em 20-21 cm, respectivamente). *Drosera* e *Typha* também estiveram presentes, e somado a esses, *Utricularia* apareceu em 20-21 cm, no final da palinozona. No geral, o gênero *Utricularia* é representado por ervas aquáticas, presentes principalmente no Campo Úmido, mas também em veredas, brejos e matas de galeria (MENDONÇA et al., 2008),

em ambientes úmidos e/ou encharcados. *Itatiella ulei*, briófitas que pode ser encontrada nos campos altos no bioma Mata Atlântica (PERALTA e YANO, 2010), esteve presente no início da palinozona, mesmo que em baixa frequência, enquanto que *Campylopodium*, briófitas de ambiente úmido, foi verificada no final desta palinozona (20-21 cm) e com uma percentagem menor que a anterior. Pteridófitas *Cyathea* (feto arborecente, herbáceo, subarbustivo), táxon de ambiente úmido (FERNANDES, 1997), e *Lycopodiella cernua*, táxon de locais úmidos e pioneira em cortes de estradas, solos arenosos e comumente em áreas perturbadas (ØLLGAARD e WINDISCH, 1987) e de ocorrência em matas de galeria, Campo Sujo, brejos e savanas (TRYON e TRYON 1982; MENDONÇA et al. 2008) estiveram presentes nessa palinozona, e em associação com baixas frequências de *Lycopodiella caroliniana* e *Lycopodiella alopecuroides*; estas duas últimas são encontradas com frequência em fitofisionomias de Cerrado e podem indicar uma condição úmida em um ambiente permanentemente fechado com água (lacustre) (FONSECA-SILVA, 2017). As algas *Botryococcus* e *Spirogyra* estiveram com proporções maiores nesta palinozona em comparação à anterior, enquanto *Chlamydomonas*, *Coelastrum*, *Mougeotia* e *Zygnema* apresentaram as maiores frequências do testemunho. Aqui, em Ib, houve o aparecimento das algas Pseudoschizae e as Xanthophyceae *Pseudostaurastrum enorme*, *Tetraplektron laevis*, *Tetraplektron torsum*, Xanthophyceae tipo 1 e Xanthophyceae tipo 2. *Pseudoschizaea*, no final da palinozona, indica processos erosivos (GRENFELL, 1995). Com relação aos fungos, houve um aumento principalmente de Dicellaesporites tipo 1, *Gelasinospora adjuncta*, *Gelasinospora reticulispora* e *Meliola*. Segundo Yeloff et al. (2007), a presença/abundância de espécies de *Gelasinospora* ocorrem em amostras caracterizadas por um lençol freático relativamente profundo (profundidade maior que 20 cm), e que podem estar relacionadas a condições climáticas mais secas, à presença de fogos, ou à uma interação entre estes dois fatores. Dinoflagelados apresentou uma redução das frequências em relação à palinozona anterior, exceto Dinoflagelado tipo 8 com aumento no final da zona, e aparecimento dos Dinoflagelados tipo 12 e tipo 13, também no final da zona. O microcrustáceo Copépode, esteve presente no início da palinozona.

5.5.3 Palinozona I/II (2.232 a 1.376 anos cal AP)

Essa é uma palinozona de grande destaque, e provavelmente mostra a transição da palinozona I para a II. O aumento da palmeira *Mauritia flexuosa* é muito expressivo, de ~1,10% no início da palinozona até 44,30% no final da mesma (percentagem mais elevada vista até o momento no testemunho Pau Grande). Isso sugere que, provavelmente, no intervalo entre 2.232

e 1.376 anos cal AP, a vereda (ambiente e fitofisionomia) esteve em sua fase de maior desenvolvimento (considerando os últimos 4.000 anos). Apoiando essa inferência, a palmeira *Mauritiella armata*, também típica de ambientes de vereda (LEITMAN et al., 2015), foi vista em 9-10 cm com ~14%. *Caryocar brasiliensis*, árvore característica do Cerrado *Stricto Sensu* e Cerradão (DE OLIVEIRA, 1992), teve um expressivo aumento até o final da palinozona, sendo esta indicadora de clima quente e úmido. *Anadenanthera colubrina* e *Sloanea*, apesar de em menor frequência, também caracterizaram a vegetação arbórea, sendo a primeira de ocorrência em Floresta Estacional Semidecidual e mata de galeria indicando condições úmidas (MAIA-SILVA et al., 2012; CRIA, 2020) e a segunda indicando uma floresta altimontana indicando condições ainda amenas. *Podocarpus* esteve presente no início dessa palinozona (final da palinozona Ib-início palinozona I/II) e *Ilex* no início e final. *Symphonia globulifera*, uma árvore dominante no dossel da Amazônia (floresta de terra firme e várzea) e Mata Atlântica, foi verificada nessa palinozona, provavelmente ocorrente nas formações florestais úmidas. *Esenbeckia* apresentou aqui as maiores percentagens do testemunho analisado no final dessa palinozona, assim como *Microstachys/Sebastiania* (~9% em 9-10 cm), tipos polínicos que ocorrem em mata de galeria indicando condições úmidas. As concentrações de Poaceae e *Piper* foram bem menores em relação as palinozonas anteriores. *Ludwigia* foi verificada com a maior frequência no final dessa palinozona, essa ocorre em todo o Brasil, principalmente associada a zonas alagáveis (SOUZA e LORENZI, 2008), e aqui é indicadora de vereda. Somente no final dessa palinozona foi verificado a presença de *Croton* (~1% em 9-10 cm), táxon de ambiente variado ocorrendo em afloramento rochoso, em campo limpo úmido e campo sujo (CRIA, 2020).

Localmente, essa palinozona apresentou baixas percentagens de higro-hidrófitas (as mais baixas de todo o testemunho até então analisado), tendo como maiores representante os tipos Araceae e Cyperaceae. Apesar disso, *Drosera* teve um ligeiro aumento, enquanto *Typha* um decréscimo acentuado. O conjunto de pteridófitas do testemunho Pau Grande até então analisado é fortemente representado nessa palinozona; verifica-se um aumento expressivo de *Lycopodiella caroliniana* e *Lycopodiella alopecuroides*, e o aparecimento de *Asplenium*, *Blechnum*, *Gleichenia*, *Microgramma*, *Pityrogramma* e *Serpocaulon*. *Blechnum*, táxon que cresce principalmente em florestas úmidas, também ocorrem em pântanos, bordas de florestas, savanas e em áreas alteradas (TRYON e TRYON, 1982). Já *Gleichenia* é táxon que vive próximos a clareiras ou rios e córregos (TRYON e TRYON, 1982). No geral, as percentagens de algas foram menores que nas palinozonas anteriores, exceto para *Botryococcus*, *Chlorococcum*, *Cosmarium*, *Pseudoschizaea* e *Pseudostaurastrum*. Dentre os fungos, o

aumento de *Glomus*/esporo (~18% m 9-10 cm) e Micorrizas (~11% em 9-10 cm) são de destaque. *Glomus*, é um fungo endossimbionte de raízes de plantas vasculares, muito comum no Cerrado, que indica a presença de uma vegetação lenhosa (VAN GEEL, 1978), e, *micorrizas*, são fungos de maior frequência no cerrado *stricto sensu* (CORREIA et al., 2004). Assim como foi verificado a elevada expressão das pteridófitas nessa palinozona, aqui o mesmo aconteceu para os dinoflagelados. As maiores frequências de *Spiniferites* (7,23%), Dinoflagelado tipo 3 (15,61%) e Dinoflagelados tipos 6A e 6B, foram encontradas com as maiores percentagens. Keratella e Tardígrado estiveram presentes no final da palinozona.

5.5.4 Palinozona II (1.376 a 797 anos cal AP)

A palinozona II segue com frequências muito elevadas da palmeira *Mauritia flexuosa* (com 37,76% em 4-5 cm), portanto, a vereda após a sua fase de maior desenvolvimento vista na palinozona anterior, se perpetuou aqui. Além disso, arbóreas também são representadas por *Caryocar brasiliense*, *Cecropia*, *Tapirira guianensis* e *Trema*, tipos polínicos que tiveram aumento até o final dessa palinozona. Desses, a *Cecropia* é caracterizada como pioneira da Mata Atlântica e ocorrem em locais desmatados e em recuperação, e os demais tipos são característicos do Cerrado (SOUZA e LORENZI, 2008). Os tipos polínicos de hábito arbóreo e arbustivo *Butia/Syagrus*, *Hedyosmum*, *Leptolobium*, *Myrcia/Eugenia*, *Picramnia*, *Piptadenia*, *Posoqueria*, *Roupala* e *Tabebuia*, foram os mais representativos. A palmeira *Butia/Syagrus* é comum no Cerrado, principalmente associado a ambientes úmidos, assim como *Hedyosmum*. *Tabebuia* indica ambientes com um período do ano seco, como na Floresta Semidecidual e Cerrado (HORÁK, 2009). O gênero *Roupala* é um dos mais característicos do Cerrado e, dentre as fitofisionomias deste bioma, é mais comum no cerradão (GOODLAND e FERRI, 1979). *Esenbeckia* é uma das arbóreas, arbustivas e subarbustivas com maior frequência, seguida de *Palicourea*; esta última foi vista somente nesta palinozona, e ambos são característicos de Cerrado *Stricto Sensu* (RIBEIRO e WALTER, 2008). *Baccharis* e *Cuphea*, ambas arbustivas e subarbustivas, estiveram presentes nessa palinozona, essas ocupam preferencialmente as formações abertas do Bioma Cerrado, como o Campo Limpo e o Campo Sujo (MENDONÇA et al., 2008; SOUZA e LORENZI, 2008) e essa última pode indicar a presença de um solo úmido rico em matéria orgânica (PIRES, GOMES e MEYER, 2016). *Lepidaploa aurea*, uma subarbustiva, esteve presente e com a maior frequência vista em 4-5 cm. *Prestonia*, uma liana, foi vista somente em 4-5 cm no testemunho em estudo. Tipo polínico *Microstachys/Sebastiania* esteve presente, mas com tendências decrescentes até o final da palinozona. Dentre as subarbustivas e herbáceas, *Borreria verticillata*, característico do Cerrado, esteve com maior

frequência (~3,10% em 4-5 cm), sendo esta indicadora de redução de umidade, que ocorrem preferencialmente em vegetação de campo, em áreas com dossel aberto, bem iluminadas e com vegetação menos densa (SOUZA e LORENZI, 2005). Dentre as lianas e herbáceas, as Eriocaulaceae estiveram em maior frequência. Das espécies herbáceas, as Poaceae são as de maior frequência (~19%), seguidas por *Xyris* e *Trimezia*. *Hyptis*, uma arbórea, arbustiva, subarbustiva e herbácea, é o tipo mais frequente desse hábito, e foi visto em 4-5 cm com as maiores percentagens, táxon comum ao tipo fitofisionômico campo sujo. Melastomataceae, *Piper* e *Solanum*, considerados hábitos diversos, foram os mais frequentes.

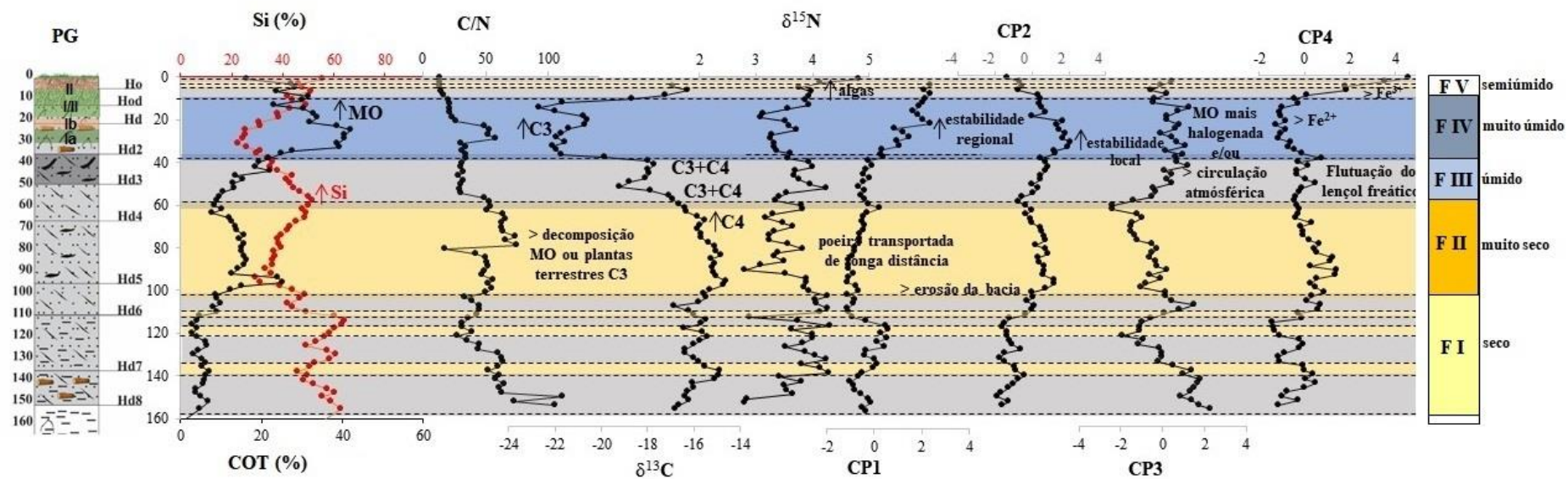
Localmente, essa palinozona apresentou menores percentagens de hidro-higrófitas que a anterior, tendo como maior representante o tipo Cyperaceae (8,65% em 4-5 cm). No entanto, *Typha* também esteve presente e com as maiores frequências vistas no registro (1,26% em 4-5 cm). As pteridófitas foram representadas pelo *Blechnum*, *Gleichenia*, *Lycopodiella alopecuroides*, *Lycopodiella caroliniana*, porém em menores concentrações que a palinozona anterior. Houve um pequeno aumento das algas em relação à palinozona anterior em direção ao topo do testemunho, sendo o *Botryococcus* o tipo mais frequente (~4,7%), seguido pela *Spirogyra* (~2,16%), ambas indicadoras de águas eutróficas a mesotróficas, pouco profundas e estagnadas. Alguns fungos tais como *Bryophytomyces sphagni/Tilletia*, Diporisorites tipo 3, Microsporonites tipo 1 e tipo 2, *Glomus*/esporo-colônia e Papulosporonites continuaram a aumentar desde a palinozona anterior, enquanto *Enthorrhiza* tipo 1, *Gelasinospora reticulispora*, Monoporisorites tipo 1 e 2, após ligeira redução na palinozona anterior, voltaram a aumentar aqui na II. É de destaque também o reaparecimento de Mediaverrunites e *Valsaria*. Todos os dinoflagelados apresentaram decréscimos, exceto Dinoflagelados tipo 4 e 5, e aparecimento do Dinoflagelado tipo 11.

5.6 Cronologia dos últimos 34 mil anos

A junção dos principais proxies determinados, bem como os seus significados, podem ser vistos na figura 16. De maneira geral, 5 principais fases de mudanças no ambiente podem ser vistas: Fase I: ~34 a 27.408 anos cal AP (160-100 cm); Fase II: 27.408 a 11.182 anos cal AP (100-60 cm); Fase III: 11.182 a 6.043 anos cal AP (60-40 cm); Fase IV: 6.043 a 1.291 anos cal AP (40-9 cm); e Fase V: 1.291 até o presente (9-0 cm).

A Fase I reflete desde o momento inicial da formação do solo orgânico da vereda Pau Grande em ~34.000 anos AP e vai até 27.408 anos cal AP (160-100 cm; horizontes Hd8 até Hd6), e mostra condições de alta instabilidade na bacia da vereda (momentos de forte erosão no local). Estes momentos, frequentes e curtos (geologicamente), acarretaram em um elevado acúmulo

Figura 16 – Integração dos dados analisados no testemunho da vereda Pau Grande



As palinozonas Ia, Ib, I/II e II estão demarcadas na imagem da estratigrafia de PG.

de sílica (quartzo) no sistema, a quantidade de sílica é muito superior em comparação à quantidade de matéria orgânica e, além disso, foram justamente nos momentos com as maiores taxas de sedimentação (0,0273 cm/ano). Alternâncias das vegetações com plantas C4 e vegetações com mistura C3+C4 acompanharam essas frequentes mudanças, com maior predominância de plantas C4 -típicas de um ambiente mais seco e mais aberto- durante os picos de entrada de Si. Associadas aos aumentos das plantas C4, algas parecem também ter aumentado (valores mais elevados de $\delta^{15}\text{N}$). Apesar da preponderância dos sinais C4, a presença de alguns fragmentos de um material mais lenhoso em Hd8, associado a valores muito elevados de C/N remete à um momento/evento de aporte desse tipo de material.

A Fase II, período entre 27.408 a 11.182 anos cal AP (100-60 cm; Hd6 até Hd4), portanto abrangendo o Último Máximo Glacial (UMG), aporta um sinal essencialmente de plantas C4, indicando predomínio de gramíneas de ambiente secos e abertos. Provavelmente este ambiente foi mais seco na Fase II em comparação a Fase I (e também o mais seco do registro Pau Grande). O clima mais seco reflete em uma maior oxigenação no sistema (rebaixamento do lençol freático), e assim predomínio de elementos tais como o Fe em seu estado de maior oxidação (Fe^{3+}). Ainda, seguindo esse raciocínio, maior oxigenação aumenta as taxas de decomposição da matéria orgânica (aumento da relação C/N). Apesar da vegetação ter se tornado mais aberta (mais propensa aos eventos erosivos), nos momentos iniciais houve um aumento na estabilidade da bacia e, coincidentemente, ocorreu também uma maior entrada de poeira transportada de longa distância. No entanto, na segunda metade da Fase II, o aumento de Si retorna, indicando novamente a desestabilização da paisagem local.

A Fase III, entre 11.182 a 6.043 anos cal AP (60-40 cm; Hd4 e Hd3), abrange a transição Pleistoceno-Holoceno inferior e Holoceno médio. Essa fase é de destaque, pois marca exatamente as mudanças dos padrões gerais de um clima mais seco para um clima mais úmido. Sinal $\delta^{13}\text{C}$ mostra claramente mistura de plantas C3+C4. No entanto, dois padrões podem ser vistos exatamente no limite que separa os horizontes Hd4 e Hd3, onde, provavelmente, em Hd4 houve um predomínio de plantas C4 em detrimento das C3, enquanto em Hd3 predomínio de plantas C3 em detrimento das C4. Sendo assim, a partir desta fase, a umidade começou a aumentar; o ambiente no geral foi mais úmido em relação às fases anteriores II e I. O conteúdo de matéria orgânica também começa a aumentar muito, mesmo que as condições de estabilidade da paisagem local e regional sejam semelhantes à fase anterior (II). Provavelmente esta matéria orgânica provém de uma vegetação diferenciada em relação às anteriores, provendo uma matéria orgânica mais humificada e mais halogenada (aumento do sinal CP3). Também,

relacionado ao aumento de umidade, taxas de decomposição da matéria orgânica começam a reduzir (menores valores C/N).

A Fase IV, entre 6.043 a 1.291 anos cal AP (40-9 cm; Hd2 até Hod), abrange Holoceno médio e vai até o Holoceno superior. Esta é a fase mais úmida dos últimos 34 mil anos, com o maior predomínio de plantas C3, maior acúmulo de matéria orgânica do registro Pau Grande, e é o momento mais estável local e regionalmente. A matéria orgânica aqui parece ser diferenciada, mostrando-se ser ainda mais halogenada com Br (altos valores de PC3), e/ou mostrando atividades de circulação atmosférica elevadas durante essa fase mais úmida. A palinologia feita nessa fase mostrou três palinozonas: Ia (4.019 a 2.603 anos cal AP), Ib (2.603 a 2.232 anos cal AP) e I/II (2.232 a 1.376 anos cal AP). Todas estas palinozonas mostram vegetações adaptadas às condições úmidas, mas se diferenciam da seguinte maneira: Ia e Ib caracterizam-se por uma vegetação de mata úmida, portanto com o estrato arbóreo bem desenvolvido (*Tabebuia*, *Trema*), provavelmente, com ocorrência de uma mata de galeria bem desenvolvida (*Hedyosmum*, *Piper*, *Aeschynomene*). No entanto, Ib foi mais frio (presença de *Podocarpus*, *Ilex*, *Sloanea*) que Ia, e que o clima presente. A palinozona I/II também mostrou-se ser de um clima bastante úmido, mas com um outro tipo de vegetação, mais típica de Cerrado, com predominância de muitos tipos arbóreos (*Caryocar brasiliense*, *Myrcia*, *Posoqueria*) e desenvolvimento expressivo da vereda com a expansão da *Maurittia flexuosa* (buriti) e *Mauritiella armata* (xiriri). Nesta palinozona, o clima foi mais quente que nas anteriores.

Na Fase V, a partir de 1.291 anos cal AP até o presente (9-0 cm; Ho), houve um retorno ao aumento das plantas C4 e, com isso, um ressecamento do ambiente, que atingiu o seu ápice em 678 anos cal AP apresentando valor próximo aos verificados na Fase I. Aqui, provavelmente também ocorreu o aumento mais expressivo de algas, haja visto os sinais mais enriquecidos de $\delta^{15}\text{N}$. Incremento de matéria orgânica reduziu concomitantemente com o aumento da instabilidade no ambiente local (retorno a erosão na bacia). Regionalmente, taxas de entrada de poeira de longa distância foram baixas. O sinal de CP4, mais forte aqui nessa fase, é reflexo do ambiente com uma maior oxigenação. A palinozona II (intervalo 9,5-4,5 cm e 1.376 a 797 anos cal AP) mostra a presença de um Cerrado, com a vereda não tão desenvolvida quanto na palinozona I/II, mas um pouco mais aberto (com redução de espécies arbóreas), o que pode indicar clima semiúmido e quente, como ocorre atualmente na região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos indicadores paleoambientais (estratigrafia do testemunho, caracterização do solo, isótopos de C e N, geoquímica orgânica e inorgânica e análises palinológicas) possibilitaram reconstituir o cenário dos últimos 34.000 anos da região norte de Minas Gerais, por meio de um registro da vereda Pau Grande, inserida no Parque Nacional Grande Sertão Veredas (Chapada Gaúcha-MG). A combinação entre bioindicadores e os geoindicadores, bem como todos os dados obtidos em campo, possibilitou interpretar a evolução deste ambiente desde sua gênese, inferindo os principais processos e fatores modificadores. A partir deste estudo, houve um melhor entendimento da história evolutiva da paisagem, cujo o conhecimento poderá adicionar novas inferências para o modelo peloclimático brasileiro, além prover informações para o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e para os programas de preservação de veredas.

A combinação dos proxies permitiu inferir cinco principais fases de mudanças:

- Fase I (~34.000 - 27.408 anos cal AP; 160-100 cm; horizontes Hd8 até Hd6): Alta instabilidade na bacia da vereda (momentos de forte erosão no local), alternâncias das vegetações com plantas C4 (típicas de um ambiente mais seco e mais aberto) e vegetações com mistura C3+C4 indicaram um clima seco nessa fase.
- Fase II (~27.408 - 11.182 anos cal AP; 100-60 cm; Hd6 até Hd4): engloba o Último Máximo Glacial (UMG), apresentou sinal essencialmente de plantas C4, rebaixamento do lençol freático e aumento da relação C/N, sugerindo que provavelmente o ambiente foi mais seco na Fase II em comparação a Fase I (e também o mais seco do registro Pau Grande).
- Fase III (~11.182 - 6.043 anos cal AP; 60-40 cm; Hd4 e Hd3): abrange a transição Pleistoceno-Holoceno inferior e Holoceno médio. O ambiente no geral foi mais úmido em relação às fases anteriores II e I, devido ao sinal $\delta^{13}\text{C}$ evidenciar um aumento das plantas C3 (mas ainda preponderando mistura de plantas C3+C4), aumento do conteúdo de matéria orgânica, aumento da estabilidade local, presença uma matéria orgânica mais humificada e mais halogenada e redução das taxas de decomposição da matéria orgânica (menores valores C/N).
- Fase IV (~6.043 - 1.291 anos cal AP; 40-9 cm; Hd2 até Hd1): abrange Holoceno médio e vai até o Holoceno superior. Essa é a fase mais úmida dos últimos 34 mil anos, com o maior predomínio de plantas C3, vegetação de mata úmida com estrato arbóreo bem desenvolvido, maior acúmulo de matéria orgânica do registro Pau Grande e é o

momento mais estável local e regionalmente. Nesta fase houve desenvolvimento expressivo da vereda com a expansão da *Maurittia flexuosa* (buriti) e *Mauritiella armata* (xiriri).

- Na Fase V (~1.291 anos cal AP até o presente; 9-0 cm; Ho): houve um retorno ao aumento das plantas C4, o aumento mais expressivo de algas, a presença de um Cerrado com a vereda e aumento da instabilidade no ambiente local (retorno a erosão na bacia). Assim houve um ressecamento do ambiente em relação a fase anterior e a presença da vereda pode indicar clima semiúmido e quente, como ocorre atualmente na região.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: FERRI, M. B. (Org.). **III Simpósio sobre o Cerrado**, São Paulo: Edgar Blücher-EDUSP. p. 239, 1971.
- ALMEIDA-LEÑERO, L., LUDLOW-WIECHERS, B., GEEL, B. VAN, GONZALEZ, M.C., APTROOT, A., Records of mid-Holocene fungi from Lake Zempoala, Central Mexico. Hyphal bridges over the Pacific: **Advancing mycology**. Hilo, Hawaii, U.S.A. 2005
- ARAÚJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A.; ARANTES, A. A.; AMARAL, A. F. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. **Revista brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 475-493, 2002.
- ARAÚJO, G. M.; AMARAL, A. F.; BRUNA, E. M.; VASCONCELOS, H. L. Fire drives the reproductive responses of herbaceous plants in a Neotropical swamp. **Plant Ecology**, v. 214, n. 12, p. 1479-1484, 2013.
- AUGUSTIN C. H.; DE MELO D. R.; ARANHA P. R. A. Aspectos geomorfológicos de veredas: um ecossistema do bioma do Cerrado, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n. 1, 2009.
- BAHIA, T. O.; LUZ, G. R.; BRAGA, L. L.; MENINO, G. C. O.; NUNES, Y. R. F.; VELOSO, M. D. M.; NEVES, W. V.; SANTOS, R. M. Florística e fitossociologia de veredas em diferentes estágios de conservação na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. MG **Biota**, v. 2, n. 3, p.14-21, 2009.
- BARBERI, M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; SUGUIO, K. Paleovegetation and paleoclimate of “Vereda de Águas Emendadas”, central Brazil. **Journal os South American Earth Sciences**, v. 13, p. 241-254, 2000.
- BARBERI-RIBEIRO, M. **Paleovegetação e paleoclima na Quaternário Tardio da Vereda de Águas Emendada, DF**. 110p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1994.
- BAUERMANN S. G.; BEHLING, H.; PILLAR, V. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**. Blucher LTDA, São Paulo: p. 307, 2005.
- BIESTER, H.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; KEPPLER, F. Occurrence and fate of halogens in mires. IN: MARTINI, I.P.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; CHESWORTH, W. **Peatlands Evolution and Records of Environmental and Climate Changes**. Elsevier Series Development in Earth Processes, Netherlands, Oxford, p. 449–464, 2006.
- BISPO, D. F. A. **Caracterização quali-quantitativa dos recursos hídricos e da dinâmica do carbono de turfeiras das cabeceiras do rio araçuaí**. 2013. 146 p. Dissertação (Mestrado em

Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

BISPO, D. F. A.; SILVA, A. C.; CHRISTOFARO, C.; SILVA, M. L. N.; BARBOSA, M. S.; SILVA, B. P. C.; BARRAL, U. M. Characterization of headwaters peats of the Rio Araçuaí, Minas Gerais state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p. 475-489, 2015.

BLAAUW, M.; CHRISTEN, J. A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. **Bayesian Analysis**, v. 6, p. 457–474, 2011.

BLACKFORD, J. **Peat bogs as sources of proxy climatic data: past approaches and future research**. In: Climate change and human impact on the landscape. Springer, Dordrecht, p. 47-56, 1993.

BOAVENTURA, R. S. **Contribuição ao estudo sobre a evolução das veredas**. Encontro Nacional de Geógrafos, v. 3, p. 13-17, 1978.

BOAVENTURA, R. S. **Contribuição aos estudos sobre a evolução das veredas**. In.: Características geomorfológicas. In.: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro, Vol. 2: Recursos Naturais. Belo Horizonte. CETEC, 1981.

BOAVENTURA, R. S. Vereda: Berço das Águas. Belo Horizonte: **Ecodinâmica**, 2007.

BORGES, A. C.; DIAS, J. C.; MACHADO, W.; PATCHINEELAM, S. R.; SELLA, S. M. Distribuição espacial de ferro, cobre e chumbo em sedimentos de manguezal em um gradiente de degradação na baía de Guanabara (Estado do Rio de Janeiro). **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 66, 2007.

BOUTTON, T. W. Stable carbon isotopes ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environmental. In: COLEMAN, D.C.; FRY, B. (Ed.). **Carbon isotope techniques**, New York: Academic Press, p.73-185, 1991.

BOUTTON, T. W. Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. I. (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, p.47-82, 1996a.

BOUTTON, T. W. Characterization of natural ¹⁵N abundance of soils. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S.I. (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, p.205-208.1, 1996b.

BRASIL. Decreto 1905, de 16 de maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1996.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal. **Diário Oficial da União**, p. 1–32, 2012.

- BRIGHTSMITH D.; BRAVO A. Ecology and management of nesting blue-and-yellow macaws (*Araararauna*) in Mauritia palm swamps. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, n. 13, 4271-4287, 2006.
- BROECKER, W. S. Radiocarbon. In: TUREKIAN, K. K.; HOLLAND, H. D. (Ed.). **Treatise on geochemistry**. 1. ed. San Diego: Elsevier. v. 4, p. 245-260, 2003.
- CALVIN, M.; BENSON, A. A. The path of carbon in photosynthesis. **Science**, Washington, v.107, p.476-480, 1948.
- CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C.; FERNANDES, J. S. C.; FERREIRA, M. M. & SILVA, D. V. Water retention in a peatland with organic matter in different decomposition stages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1217-1227, 2011.
- CARVALHO I. S. Paleontologia: Microfósseis e Paleoinvertebrados. In: Carvalho I. S. **Palinologia**. 3ª. Edição, Rio de Janeiro: Interciência, v. 2, p.181-193, 2011.
- CARVALHO, A. C. A. **Análise ambiental de um subsistema de vereda em unidades de conservação: Estação Ecológica de Águas Emendadas e Reserva Ecológica do IBGE/DF**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de Brasília, 2015.
- CARVALHO, P. G. da S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informação Agropecuária**, v. 15, n. 168, p. 47-54, 1991
- CASSINO, R. F.; MARTINHO, C. T.; CAMINHA, S. S. A. A Late Quaternary palynological record of a palm swamp in the Cerrado of central Brazil interpreted using modern analog data. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 490, p. 1-16, 2018.
- CASSINO, R. F. **Reconstituição da vegetação e do clima do Chapadão dos Gerais durante o Holoceno, a partir da análise palinológica da vereda Laçador**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- CASSINO, R. F.; MEYER, K. E. B. Reconstituição Paleoambiental do Chapadão dos Gerais durante o Quaternário Tardio, a partir da Análise Palinológica da Vereda Laçador. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 16, n. 1, p.127-146, 2013.
- CASTAÑEDA, I. S.; SCHOUTEN, S. A review of molecular organic proxies for examining modern and ancient lacustrine environments. **Quaternary Science Reviews**, v. 30, n. 21-22, p. 2851-2891, 2011.
- CETEC. 2º plano de desenvolvimento integrado do Noroeste Mineiro: Recursos naturais. Síntese. Série de Publicações Técnicas/SPT 002. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais Belo Horizonte, p. 130, 1981.
- CHARMAN, Dan et al. **Peatlands and environmental change**. John Wiley & Sons Ltd, 2002.

CHESWORTH, W.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; GARCÍA-RODEJA, E. The redox–pH approach to the geochemistry of the Earth’s land surface, with application to peatlands. In: MARTINI, I.P.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; CHESWORTH, W. **Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes**. Elsevier Series Development in Earth Processes, Netherlands, Oxford, p. 175–195, 2006.

CIPRIANO-SILVA, R.; VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; DOS ANJOS, L. H. C. Caracterização dos organossolos em ambiente de várzea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p. 26-38, 2014.

COE, H. H. G.; GOMES, J. G.; CHUENG, K. F. Exemplos de reconstituições da vegetação e inferências de paleoclimas no Estado do Rio de Janeiro através da utilização dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono. **Revista Tamoios**, v. 9, n. 1, 2013.

CONCEIÇÃO, M.; FREIXO, A.A.; ARAÚJO, W.S.; CUNHA, T.J.F.; MARTIN NETO, L. & SAAB, S.C. Caracterização das substâncias em solos orgânicos do estado do Rio de Janeiro, sob diversas atividades agrícolas. Rio de Janeiro, **Embrapa Solos**, 1999.

CONSELHO DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – Cetesb. **Decisão de Diretoria 045/2014/EQcQI, de 20 de fevereiro de 2014**. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014 em substituição aos Valores Orientadores de 2005 e dá outras providências. São Paulo: diário Oficial Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: mai de 2020.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – Copam. **Deliberação Normativa nº 166, de 29 de junho de 2011**. Altera o Anexo I da deliberação Normativa Conjunta copam CERH no 2 a 6 de setembro de 2010, estabelecendo Valores de Referência de Qualidade dos Solos. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>>. Acesso em: mai de 2020.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: mai. 2020.

COOKE, S.; ROHLING, E. J. Stable isotopes in foraminiferal carbonate. In: SEN GUPTA, B. K. (Ed.). *Modern Foraminifera*. Boston: Kluwer Academic Publishers. p. 239-258, 2003.

CORRÊA, G. F. 1989. **Les microreliefs “Murundus” et leur environnement pedologique dans l’ Oest du Minas Gerais: reion du Plateau Central Bresilien**, Tese de Doutorado, L’Université de Nancy I. France, p. 14-15, 1989.

COSTA, C. R. **Reconstituição paleoambiental utilizando uma abordagem multi-proxy em um registro de turfeira tropical de montanha, Minas Gerais, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, p. 133, 2018.

CURI N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. Vocabulário de Ciência do Solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 90, 1993.

CRIA. **Centro de Referência e Informação Ambiental**. SpeciesLink - simple search. Disponível em: <<http://www.splink.org.br/index>> 2020, Acesso em: 13 jun/2020

DE OLIVEIRA, P.E. **A palynological record of Late Quaternary vegetational and climatic change in Southeastern Brazil**. 1992. 242p. Tese (Doutorado em Zoologia e Botânica) – TheOhio State University Columbus, Ohio, 1992.

DEBOWSKA, E. A. New and rare species of Volvocaceae (Chlophyta) in the Polish phycoflora. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v 82, n. 4 p. 259-266, 2013.

DEOCAMPO, D. M.; BEHRENSMEYER, A. K.; POTTS, R. Ultrafine clay minerals of the Pleistocene Olorgesailie Formation, southern Kenya rift: diagenesis and paleoenvironments of early hominins. **Clays and Clay Minerals**, v. 58, n. 3, p. 294-310, 2010.

DEVRIES, H. L. Variation in concentration of radiocarbon with time and location on Earth. **Proceedings Koninlijke Nederlandse Akademie Wetenschappen B**, Amsterdam, v. 61, p. 94-102, 1958.

DOMMAIN R, COUWENBERG J, JOOSTEN H. Development and carbon sequestration of tropical peat domes in South-East Asia: links to post-glacial sea-level changes and Holocene climate variability. **Quaternary Science Reviews** 30: p. 999–1010, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Declaração de Cuiabá sobre áreas úmidas de julho de 2008**. Disponível em:< <http://www.cpap.embrapa.br/pesca>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

ESSINGTON, M. E. **Soil and water chemistry: an integrative approach**. Boca Raton, CRC Press. p. 534, 2004.

ERIKSSON, L.; JOHANSSON, E.; KETTANEH-WOLD, N.; WOLD, S. Introduction to multi- and megavariate data analysis using projection methods (PCA & PLS). **Umea: Umetrics AB**. p. 490, 1999.

FAGUNDES N. C. A.; FERREIRA E. J. Veredas (*Mauritia Flexuosa* palms swamps) in the south east Brazilian savanna: Floristic and structural peculiarities and conservation status. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 11 n. 3, p. 178-183, 2016.

FARQUHAR, G. D.; EHLERINGER, J. R.; HUBICK, K. T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual review of plant biology**, v. 40, n. 1, p. 503-537, 1989.

FERNANDES, I. **Taxonomia e Fitogeografia de Cyatheaceae e Dicksoniaceae nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

FERRAZ-VICENTINI, K. R.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. Palynological analysis of a palm swamp in central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 9, n. 3-4, p. 207-219, 1996.

Flora do Brasil em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>> Acesso em 13/ out. 2020.

FONSECA-SILVA, F. M. **Reconstituição Paleoambiental com base na Assembléia Palinoflorística e Palinofácies de Sedimentos Holocênicos do Parque Estadual do Rio Doce – MG.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2017.

FRY, B. **Stable Isotope Ecology.** United States of América: Springer Science Book, 2006.

Fundação Pró-Natureza (FUNATURA). **Plano de Manejo do Parque Nacional Grande Sertão Veredas**, Brasília, p. 428, 2003.

GAYA, T. R. L. M. **A floresta inundável do norte de Minas Gerais: identidade florística e estrutura de comunidades arbustivo-arbóreas.** Lavras, MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, p. 225, 2014.

GIRAUD, E.; HANNIBAL, L.; FARDOUX, J.; VERMÉGLIO, A.; DREYFUS, B. Effect of Bradyrhizobium photosynthesis on stem nodulation of Aeschynomene sensitive. **PNAS**, v.97, n. 26, p. 14795-14800, 2000.

GOMES, C. S. **Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas em Minas Gerais.** 2017. 212 f. Dissertação (mestrado) – Departamento de Geografia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017a.

GOMES, M. O. S.; MEYER, K. E. B.; PESSENDA, L. C. R. Reconstituição paleoambiental da Vereda Carrasco da Raposa, Parque Estadual da Serra do Cabral, MG, Brasil, por meio de estudos palinológico e isotópico. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 44, n. 1, p. 41-62, 2017b.

GOMES, C. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Sistemas de Classificação de Áreas Úmidas no Brasil e no Mundo: Panorama Atual e Importância de Critérios Hidrogeomorfológicos. **Geo UERJ**. 2018.

GOODLAND, R.J.A.; FERRI, M.G. 1979. **Ecologia do Cerrado.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, p. 193, 1979.

GOUVEIA, S. E. M.; PESSENDA, L. C. R., ARAVENA, R.; BOULET, R.; SCHEEL-YBERT, R.; BENDASSOLI, J. A.; RIBEIRO, A. S.; FREITAS, H. A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global And Planetary Change**, v. 33, n. 1, p. 95-106, 2002.

GUILD, G. E.; PALTRIDGE, N. G.; ANDERSSON, M. S.; STANGOULIS, J. C. An energydispersive X-ray fluorescence method for analysing Fe and Zn in common bean, maize and cowpea biofortification programs. **Plant and Soil**, p. 1-10, 2017.

GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPO, M. L.; MARCHI, G. et al. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos em ciências do solo**, Viçosa, v. 4, p. 385-382, 2005.

GUIMARÃES, A. J. M.; ARAÚJO, G. M.; CORRÊA, G. F. Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 317-329, 2002.

GUO, G. L.; ZHOU, Q. X.; KOVAL, P. V.; BELOGOLOVA, G. A. Speciation distribution of Cd, Pb, Cu and Zn in contaminated Phaeozem in north-east China using single and sequential extraction procedures. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 44, p.135-142, 2006.

GUY-OHLSON, D. Botryococcus as an aid in the interpretation of palaeoenvironment and depositional processes. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 71, p. 1-15, 1992.

GRENFELL H.R., 1995. Probable fossil zygnematacean algal spore genera. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 84, p. 201-220, 1995.

GRIMM, E. C. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. **Computers & Geosciences**, v.13, p.13-35, 1987.

GRYBOS, M.; DAVRANCHE, M.; GRUAU, G.; PETITJEAN, P. Is trace metal release in wetland soils controlled by organic matter mobility or Fe-oxyhydroxides reduction? **Journal of Colloid and Interface Science**, Nova Iorque, v. 314, n. 2, p. 490-501, 2007.

HAMBLIN, K.K.; PROVO, B.Y.U.; ILLUS, U.T.; CHESSER, W.L. & TASA, D. The earth's dynamic systems, a textbook in physical geology. Mineapolis, **Burgess Publishing Company**. p.115, 1978.

HERCZEGA, A. L.; SMITHB, A. K.; DIGHTON, J. C. A 120 year record of changes in nitrogen and carbon cycling in Lake Alexandrina, South Australia: C:N, $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ in sediments. **Applied Geochemistry**, v.16, p.73-84, 2001.

HOGG, A. G.; HUA, Q.; BLACKWELL, P. G.; BUCK, C. E.; GUILDERTSON, T. P.; HEATON, T. J.; NIU, M.; PALMER, J.; REIMER, P. J.; REIMER, R.; TURNEY, C. S. M.; ZIMMERMAN, S. R. H. ShCal13 Southern Hemisphere calibration, 0-50,000 cal yr BP. **Radiocarbon**, v. 55, p. 1889–1903, 2013.

HORÁK, I. **Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução paleoambiental da turfeira da Área de Proteção Especial (APE) Pau-de-Fruta, Serra do Espinhaço Meridional-MG**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 281, 2009.

HORÁK, I.; VIDAL-TORRADO, P.; SILVA, A. C.; PESSEDA, L. C. R. Pedological and isotopic relations of a highland tropical peatland, Mountain Range of the Espinhaço Meridional (Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 41-52, 2011.

HORÁK-TERRA, I. **Late Pleistocene-Holocene environmental change in Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais State, Brazil) reconstructed using a multi-proxy characterization of peat cores from mountain tropical mires**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 136, 2014.

HORÁK-TERRA, I.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A. M.; CAMARGO, P. B.; SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Characterization of properties and main processes related to the genesis and evolution of tropical mountain mires from Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brazil. **Geoderma**, v. 232, p. 183-197, 2014.

HORÁK-TERRA, I.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; LUZ, C.F.P.; RIVAS-LÓPEZ, P.; SILVA, A.C.; VIDAL-TORRADO, P. Holocene climate change in central-eastern Brazil reconstructed using pollen and geochemical records of Pau de Fruta mire (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 437, p. 117-131, 2015.

HORÁK-TERRA, I.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; LUZ, C.F.P.; SILVA, A.C.; MIGHALL, T.; DE CAMARGO, P. B.; MENDONÇA-FILHO, C. V.; DE OLIVEIRA, P.; CRUZ, F. W.; VIDAL-TORRADO, P. Late Quaternary vegetation and climate dynamics in central-eastern Brazil: insights from a ~35k cal a BP peat record in the Cerrado biome. **Journal of Quaternary Science**, v.35, p.664-676, 2020.

HUSSON, O. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. **Plant and Soil**, Haia, v. 362, p.389-417, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências**. (IBGE. Manual, 4). Rio de Janeiro, 3ª ed, p. 300, 2015.

JACKSON, S. T. Pollen and spores in quaternary lake sediments as sensors of vegetation composition: theoretical models and empirical evidence. In: TRAVERSE, A. (ed.). **Sedimentation of organic particles**, Cambridge: Cambridge University Press. p.253-286, 1994.

JOOSTEN H, CLARKE D. Wise Use of Mires and Peatlands – Background and Principles, including a Framework for Decision-making. **International Mire Conservation Group/International Peat Society**, Jyväskylä, Finland, 2002.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. **Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético**. 3ª ed., São Paulo, Artmed, 612 p. 2009.

JUNK, W. J. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. **Environmental Conservation**, 29(04), 414-435. 012, 2002.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L.D.; BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; CUNHA, N.C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A.; NÓBREGA, R. L. B.; CAMARGO, E. **Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats. Parte I: Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras:**

Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. In: CUNHA, C. N.; PIEDADE, M.T.F; JUNK, W. J. Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats. Cuiabá: EdUFMT, p.165, 2015.

JUNK W. J.; PIEDADE M. T. F.; SCHOENGART, J.; WITTMANN, F. N. C. Brazilian Wetlands: Classification. The Wetland Book, 1-7, 2016.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton, CRC Press. p. 413, 2001.

KILLOPS, S., KILLOPS, V. **Introduction to organic geochemistry**. Blackwell, Malden, MA, 2005.

KRONBERG, B. I.; BENCHIMOL, R. E. Aridez no Acre: a história climática de uma região. **Ciência Hoje, Rio de Janeiro**, v. 16, n. 93, p. 44-47, 1993.

LEDRU, M-P.; MOURGUIART, P.; RICCOMINI, C. Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* v. 27, p. 140–152, 2009

LEHMANN, M. F.; BERNASCONI, S. M.; BARBIERI, A.; MCKENZIE, J. A. Preservation of organic matter and alteration of its carbon and nitrogen isotope composition during simulated and in situ early sedimentary diagenesis. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.66, p.3573-3584, 2002.

LEITMAN, P. et al. **Arecaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/F15725>>. Acesso em 15 de outubro de 2020

LIBBY, W. F.; ANDERSON, E. C.; ARNOLD, J. R. Age determination by radiocarbon content: worldwide assay of natural radiocarbon. **Science**, Washington, DC, v. 109, p. 227-228, 1949.

LIMA, F. J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos coluviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha – Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE, Recife, p. 193, 2015.
LORENTE, F. L.; MEYER, K. E. B.; HORN, A. H. Análise Palinológica da Vereda da Fazenda Urbano, Município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil. **Geonomos**, v. 18, n. 2, p. 57-72. 2010.

LORSCHUITTER, M.L. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, cone Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. Descrições taxonômicas. Parte I. **Pesquisas**, n.21, p.61–117, 1988.

LUCENA, U. P.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; COE, H. H. G.; DOS SANTOS, G. M. Reconstituição da paleovegetação e inferências geomorfológicas em área de vereda-cerrado, norte de Minas Gerais. **Revista Geonorte**, edição especial, v.10, n.1, p.177- 183, 2014.

LUZ, C. F. P.; HORÁK-TERRA, I.; SILVA, A. C.; MENDONÇA FILHO, C. V.; VIDAL-TORRADO, P. Pollen record of a tropical peatland (Pau de Fruta) from the Serra do

Espinhaço Meridional, Diamantina, State of Minas Gerais - Angiosperms Eudicotyledons. **REVISTA BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA**, v. 20, p. 03-22, 2017.

MAHIQUES, M. M.; FIGUEIRA, R. C. L.; SALAROLI, A. B.; ALVES, D. P. V.; GONÇALVES, C. 150 years of anthropogenic metal input in a Biosphere Reserve: the case study of the Cananéia-Iguape coastal system, Southeastern Brazil. **Environmental earth sciences**, v. 68, n. 4, p. 1073-1087, 2013.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; Imperatriz-Fonseca, V.L.. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. Editora Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, p. 99, 2012.

MARCHANT, R.; ALMEIDA, L.; BEHLING, H.; BERRIO, J.C.; BUSCH, M.; CLEEF, A.; DUIVENVOORDEN, M.K.; OLIVEIRA, P.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; LOZANO GARCIA, S.; HOOGHIEMSTRA, H.; LEDRU, M-P.; LUDLOW-WIECHERS, B.; MARKGRAF, V.; MANCINI, V.; PAEZ, M.; PRIETO, A.; RANGEL, O.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. Distribution and ecology of parent taxa of pollen lodged within the Latin America Pollen Database. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 121, p. 1-75, 2002.

MARGALEF, O.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; KYLANDER, M.; PLA-RABES, S.; CAÑELLAS-BOLTÀ, N.; PUEYO, J. J.; SÁEZ, A.; VALERO-GARCÉS, B. L.; GIRALT, S. Environmental processes in Rano Aroi (Easter Island) peat geochemistry forced by climate variability during the last 70kyr. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 414, p. 438-450, 2014.

MARTIN, L.; FLEXOR, J. M. Vibrotestemunhador leve: construção, utilização e possibilidades. **Rev. IG**, São Paulo, 16 (1/2), p.59-66, 1995.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M. Z. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 144, 2009.

MARTINEZ-CORTIZAS, A.; PONTEVEDRA-POMBAL, X.; GARCIA-RODEJA, E.; NOVOA MUNHOZ, J. C. & SHOTYK, W. Mercury in a Spanish peat bog: Archive of climate change and atmospheric metal deposition. **Science**, v. 284, p. 939-942, 1999.

MARTÍNEZ CORTIZAS, A, CHESWORTH, W, GARCIA-RODEJA E. Geochemical dynamics of peat bogs from Galicia. In: MARTÍNEZ CORTIZAS A, GARCIA-RODEJA E, editors. Mountains peat bogs from Galicia, 254 pp. Conselleria de Medio Ambiente, Xunta de Galicia. p. 137–145, 2001.

MARTINEZ-CORTIZAS, A.; GARCIA-RODEJA, E.; POMBAL, X. P.; MUÑOZ, J. N.; WEISS, D.; CHEBURKIN, A. Atmospheric Pb deposition in Spain during the last 4600 years recorded by two ombrotrophic peat bogs and implications for the use of peat as archive. **Science of the Total Environment**, v. 292, n. 1, p. 33-44, 2002.

MCBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York, Oxford University Press. p. 406, 1994.

MELO A.; ALVES M. Sinopse das ervas aclorofiladas ocorrentes no norte da Floresta Atlântica, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, p. 29-38, 2013.

MELO, D. R. **As Veredas nos planaltos do Noroeste Mineiro**: caracterizações pedológicas e os aspectos morfológicos e evolutivos. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, p. 219, 1992.

MELO, D. R. **Evolução das Veredas sob Impactos Ambientais nos Geossistemas Planaltos de Buritizeiro/MG**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. p. 341, 2008.

MENDONÇA, M. M. **Diagnóstico de propriedades edáficas em áreas agrícolas e de floresta com elevado teor de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Dissertação (Mestrado em Agronomia) p. 195, 1999.

MENDONÇA, L. A. R.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M. F.; CAMARGO, P. B. de; LIMA, J. O. G. de; MENDES FILHO, J. Identificação de mudanças florestais por ^{13}C e ^{15}N dos solos da Chapada do Araripe/Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.314-319, 2010.

MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. Flora Vascular do Cerrado. Brasília: Embrapa/CPAC, p. 289-556. 1998.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FIGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do bioma Cerrado: um “checklist” com 11.430 espécies. In: S.M. Sano; S.P.Almeida & J.F. Ribeiro (eds) *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa Informação Tecnológica, v. 2 p.423-1279, 2008.

MEYERS, P. A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**. v. 27, p.213–250.1997.

MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. **Chemical Geology**, v. 114, n. 3-4, p. 289-302, 1994.

MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic geochemistry**, v. 34, n. 2, p. 261-289, 2003.

Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Brasil, 1982. Folha SD. 23. Brasília. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. (Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 29). MME, Rio de Janeiro. 660p.

MORAES, P. P. F.; HORN, A. H. Teores dos metais pesados Cr, Cd e Zn em perfis de solos de veredas da bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, Minas Gerais. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 18, p.78-85, 2010.

MORAES, P. P. F.; HORN, A. H.; BILAL, E.; IATAN, L. E. Heavy metals in vereda's soil of the formoso river basin, Buritizeiro, Minas Gerias, Brazil. **Rom. J. Minarel Deposits**, v. 89, p. 79-84, 2016.

MULLER J, KYLANDER M, WÜST RAJ et al. Possible evidence for wet Heinrich phases in tropical NE Australia: the Lynch's Crater deposit. *Quaternary Science Reviews* v. 27, p. 468–475, 2008.

O'LEARY, M. H. Carbon isotopes in photosynthesis. **Bioscience**, Washington, v. 38, p. 328336, 1988.

OLIVIE-LAUQUET, G. et al. Release of Trace Elements in Wetlands: Role of Seasonal Variability. **Water Research**, Nova Iorque, v. 35, n. 4, p. 943-952, 2001.

OLIVEIRA, G.C. **Perfil florístico e distribuição das espécies vegetais, em relação ao gradiente de umidade do solo, em seis veredas no triângulo mineiro**. Uberlândia, UFU, Dissertação de Mestrado, 56 p, 2005.

OLIVEIRA, G. C.; ARAÚJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A. Florística e zanação de espécies vegetais em veredas no triângulo Mineiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 4, p.1077-1085, 2009.

ØLLGAARD B.; WINDISCH P. G. Sinopse das Lycopodiáceas do Brasil. **Bradea**, v. 5, p. 1-43, 1987.

ORTIZ, J. E.; TORRES, T.; DELGADO, A.; JULIA, R.; LUCINI, M.; LLAMAS, F. J.; REYES, E.; SOLER, V.; VALLE, M. The palaeoenvironmental and palaeohydrological evolution of Padul Peat Bog (Granada, Spain) over one million years, from elemental, isotopic and molecular organic geochemical proxies. **Organic geochemistry**, v. 35, n. 11, p. 1243-1260, 2004.

OSMOND, C. B.; WINTER, K.; ZIEGLER, H. **Physiological plant ecology**. II. Water relations and carbon assimilations. Berlin: Springer-Verlag, p.479-54, 1982.

PARIZZI, M. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; KOHLER, H. C. Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. **The Holocene**, v. 8, n .3, p. 311-321, 1998.

PERALTA, D. F.; YANO, O. Taxonomic treatment of the Polytrichaceae from Brazil. **The Bryologist**, v. 113, n. 3, p. 646–672, 2010.

PEREIRA, J. C.; SILVA, A. K. G.; NALINI JÚNIOR, A.; H.; SILVA, E. P.; LENA, J. C. Distribuição, fracionamento e mobilidade de elementos-traço em sedimentos superficiais. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1249-1255, 2007.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, M.; HORÁK-TERRA, I.; RODRÍGUEZ-LADO L.; ABOAL, J. R.; MARTINEZ-CORTIZAS, A. Long-term (~57 ka) controls on mercury accumulation in the Southern Hemisphere reconstructed using a peat record from Pinheiro mire (Minas Gerais, Brazil). **Environmental Science and Technology**, v. 49, p. 1356–1364, 2015.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, M.; HORÁK-TERRA, I.; RODRÍGUEZ-LADO L.; MARTINEZ-CORTIZAS, A. Modelling mercury accumulation in minerogenic peat combining FTIR-ATR spectroscopy and partial least squares (PLS). **Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular. Spectroscopy**, v. 168, p. 65–72, 2016.

PESSENDA, L. C. R. et al. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. **Radiocarbon**, v. 38, n. 2, p. 203-208, 1996.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S.; FREITAS, H. Isótopos do carbono. In L. Pessenda (ed.) **Quaternário do Brasil**. USP, São Paulo, 2005, p. 75-83, 2005.

PESSENDA, L. C. R.; BUSO JUNIOR, A. A.; GOUVEIA, S. E. M.; LORENTE, F. L.; FRANCISQUINI, M. I. **Estudos interdisciplinares na reconstrução milenar da dinâmica climática, da vegetação e marinha no Brasil**. 2. ed. rev. Piracicaba: CENA/USP (Série Didática, v. 2, 2015.

PETERSON, B. J.; HOWARD, R. W. Sulfur, carbon, and nitrogen isotopes used to trace organic matter flow in the salt-marsh estuaries of Sapelo Island, Georgia. **Limnology and oceanography**, Grafton, v. 32, n. 6, p. 1195-1213, 1987.

PETIT, J. R. et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, v. 399, p. 429-36, 1999.

PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T.; VANCE, G.F. **Soils and environmental quality**. Boca Raton, Lewis Publishers. p. 313, 1994.

PINAYA, J. L. D; CRUZ, F. W.; CECCANTINI, G. C. T.; CORRÊA, P. L.P.; NIGEL PITMAN, VEMADO, F.; LOPEZ M. D. C. S.; PEREIRA FILHO, A. J.; CARLOS H. GROHMANN, CRISTIANO M. CHIESSI, NICOLÁS M. STRÍKIS, HORÁK-TERRA, I.; PINAYA, W. H. L.; MEDEIROS, V. B.; SANTOS R. A.; AKABANE, T. K.; SILVA M. A.; RACHID CHEDDADI, MARK BUSH, HENROT, A.; FRANÇOIS L.; HAMBUCKERS A.; BOYER, F.; CARRÉ, M.; COISSAC, E.; FICETOLA, F.; HUANG, K.; LÉZINE A.; NOURELBAIT, M.; RHOJJATI A.; PIERRE TABERLET, P.; FAUSTO SARMIENTO, F.; DANIEL ABEL-SCHAAD, D.; FRANCISCA ALBA-SÁNCHEZ, F.; ZHUO ZHENG & PAULO E. DE OLIVEIRA, P. E. Brazilian montane rainforest expansion induced by Heinrich stadial 1 event. **Scientific Reports** 9 17912, 2019.

PIRES, G. L. P.; MEYER, K. E. B.; GOMES, M. O. S. Palinologia da Vereda Juquinha/Cuba, Parque Estadual da Serra do Cabral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 19, p. 95–110, 2016.

QUEIROZ, M. L. **Nascentes, Veredas e Áreas Úmidas - revisão conceitual e metodologia para caracterização e determinação: estudo de caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas - Distrito Federal**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, 2015.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2018.

RAMOS, M. V. V. **Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Lavras: UFLA, p. 127, 2000

RAMOS, M. V. V.; CURI, N.; MOTA, P. E. F.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SILVA, M. L. N. Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 283-293, 2006.

RAMOS, M. V. V.; HARIDASAN, M.; DE ARAÚJO, G. M. **Caracterização dos Solos e da Estrutura Fitossociológica da Vegetação de Veredas da Chapada no Triângulo Mineiro**. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 3, n. 2, p. 180-210, 2014.

REIMANN, C.; FILZMOSE, P.; GARRETT, R.; DUTTER, R. Statistical data analysis explained: applied environmental statistics with R. Chichester: Wiley. p. 362, 2008.

RESENDE, I. L. M.; CHAVES, L. J.; RIZZO, J. A. Floristic and phytosociological analysis of palm swamps in the central part of the Brazilian savana. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 205-225, 2013.

RIBEIRO, J. F.; WALTER B. M. T. **As Matas de Galeria no Contexto do Bioma Cerrado**. Embrapa Cerrados, p. 29-47, 2008.

RIBEIRO, B. T.; NASCIMENTO, D. C.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G.; COSTA, E. T. S.; LOPES, G.; CARNEIRO, J. P. Assessment of trace element contents in soils and water from Cerrado wetlands, Triângulo Mineiro Region. **Rev Bras Cienc Solo**, 2019.

RIETH, A. Vaucheriales. In *Süsswasserflora Von Mitteleuropa, Xanthophyceae II* (H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig, eds.). Gustav Fisher, Stuttgart, p.1-144, 1980.

ROUBIK, D. W.; MORENO, P. J. E. **Pollen and spores of Barro Colorado Island Missouri Botanical Garden**, New York, v. 36, p. 270, 1991.

ROSOLEN V.; DE OLIVEIRA D. A.; BUENO G. T. Vereda and Murundu wetlands and changes in Brazilian environmental laws: challenges to conservation. **Wetlands Ecology and Management**, 23(2), 285-292, 2014.

ROSOLEN, V.; DE-CAMPOS, A. B.; GOVONE, J. S.; ROCHA, C. Contamination of wetland soils and floodplain sediments from agricultural activities in the Cerrado Biome (State of Minas Gerais, Brazil). **Catena**, Amsterdã, v. 128, p. 203-210, 2015.

ROSOLEN, V.; OLIVEIRA, D.A.; BUENO, G.T. Vereda and Murundu wetlands and changes in Brazilian environmental laws: challenges to conservation. **Wetlands Ecology Management**, v. 23, n. 2, p. 285-292, 2015.

RULL, V. Biogeographical and evolutionary considerations of *Mauritia* (Arecaceae), based on palynological evidence. **Review of Palaeobotany and Palynology**, V. 100, P. 109-122, 1998.

SAIA, S. E. MG. 2006. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Quaternário tardio com base em estudo multi/interdisciplinar no Vale do Ribeira (sul do Estado de**

São Paulo). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, p. 119, 2006.

SALGADO-LABORIAU, M. L. Reconstrucción del ambiente através de los granos de pólen. **Investigación y Ciência**, Barcelona, v. 96, p.6-17, 1984.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Historia ecológica da Terra**. 2º ed. Ed. Edgard Blucher, 1994.

SALGADO-LABOURIAU M. L. **Crîtérios e técnicas para o Quaternário**. Edgard Blucher LTDA, 2007.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. Reconstruindo as comunidades vegetais e o clima no passado. **Humanidades**, v. 48, n. 1, p. 24-40, 2001.

SAMPAIO M. B.; SCHMIDT I. B.; FIGUEIREDO I. B. Harvesting Effects and Population Ecology of the Buriti Palm (*Mauritia flexuosa* L. f., Arecaceae) in the Jalapão Region, Central Brazil. **Economic Botany**, v. 62, n. 2, p. 171, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. Dos; OLIVEIRA, V. A. De; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. De; ARAÚJO FILHO, J. C. De; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, fifth ed. Embrapa Solos, Brasília. 2018.

SANTOS, R. D. Dos; SANTOS, H. G. Dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7ª edição. Viçosa, 2015.

SCHUETZ, L. Atmospheric mineral dust-properties and source markers. In: LEINEN, M.; SARTHEIN, M. **Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport**. Springer, Dordrecht, p. 359–383, 1989.

SHOTYK, W.; KRACHLER, M.; MARTINEZ-CORTIZAS, A.; CHEBURKIN, A. K.; & EMONS, H. A peat bog record of natural, pre-anthropogenic enrichments of trace elements in atmospheric aerosols since 12 370 14 C yr BP, and their variation with Holocene climate change. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 199, n. 1-2, p. 21–37, 2002.

SIFEDDINE, A.; FROHLICH, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; RIBEIRO, C.V. La sedimentation lacustre indicateur de changements des paléoenvironnements su des 30.000 demiérs annés (Carajás, Amazonie, Brésil). **Géociences de surface/surface Geociences**, p.1645-1652, 1994.

SIFEDDINE, A.; MARTIN, L.; TURCQ, B.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; SOUBIES, F.; CORDEIRO, R.C.; SUGUI, K. Variations of the Amazonic rainforest environment: a sedimentological record covering 30.000 years. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 168, n. 3-4, p. 221-235, 2001.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; GARCIA RODEJA, E. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 455–466, 2004.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; PÉREZ, M. G.; MARTIN NETO, L.; VASQUEZ F.M. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em Topossequência de latossolos do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p.1059-1068, 2007.

SILVA, A. C.; HORÁK, I.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; VIDAL-TORRADO, P.; RODRIGUEZ RACEDO, J.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, E. B.; FERREIRA, C. A. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional: I Caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1385-1398, 2009.

SILVA, F. M. F. **Reconstituição paleoambiental com base na assembleia palinoflorística e palinofácies de sedimentos holocênicos do parque estadual do rio doce– MG**. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Univesidade Federal de Ouro Preto, Tese de Doutorado, p. 215, 2017.

SILVA JÚNIOR, M. C. da. 100 Árvores do Cerrado - Sentido Restrito: Guia de Campo. **Ed. Rede de Sementes do Cerrado**. Brasília, p. 304, 2012.

SILVA, T. A.; MAILLARD, P. Delimitação, caracterização e tipologia das veredas do Parque Estadual Veredas do Peruacu. **Geografias**, v. 7, n. 2, p. 24-39, 2011.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service**, Washington, 2014.

SOUZA, M.M.D., BRANCO, F.R., JASPER, A. & PESSENDA, L.C.R. 2013. Evolução paleoambiental holocênica da porção nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.16, p. 297-308, 2013.

SOUZA, M. M. **Análise paleoambiental quaternária do écotono cerrado/ mata atlântica no município de Mogi Guaçu, SP**. (Doutorado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Estadual de Campinas, p. 234, 2014.

SOUZA, R. F.; BRASIL, E. P. F.; FIGUEIREDO, C. C.; LEANDRO, W. M. Soil organic matter fractions in preserved and Disturbed wetlands of the cerrado biome. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p. 221-231, 2015

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Nova Odessa/ São Paulo, Instituto Plantarum, p. 703, 2008.

SPARKS, D.L. **Environmental soil chemistry**. San Diego, Academic Press, p. 267, 1995

STANEK, W.; SILC, T. Comparisons of four methods for determination of degree of peat humification (decomposition) with emphasis on the von Post Method. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.57, p.109-117, 1977.

STEINMANN, P.; SHOTYK, W. Chemical composition, pH, and redox state of sulfur and iron in complete vertical porewater profiles from two Sphagnum peat bogs, Jura Mountains, Switzerland. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 61, n. 6, p. 1143-1163, 1997.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. John Wiley & Sons, New York, p. 443, 1994.

SUGUIO K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. Oficina de Textos. São Paulo. 2ªed. p. 408, 2010.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L. Methods of soil analysis Part 3. Chemical methods. **Madison, Soil Sci. Soc. Am. and Am. Soc. Agron.**, p.1011-1069, 1996.

SWINDLES, G.T.; KELLY, T.J.; ROUCOUX, K. H. Response of testate amoebae to a late Holocene ecosystem shift in an Amazonian peatland. **European Journal of Protistology**, v. 64, p. 13–19, 2018.

TABOADA, T.; CORTIZAS, A. M.; GARCÍA, C.; GARCÍA-RODEJA, E. Particle-size fractionation of titanium and zirconium during weathering and pedogenesis of granitic rocks in NW Spain. **Geoderma**, v. 131, n. 1, p. 218-236, 2006.

TALBOT, M. R.; JOHANNESSEN, T. A high resolution paleoclimatic record for the least 27,500 years in tropical West Africa from the carbon and nitrogen isotopic composition of lacustrine organic matter. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v.100, p.23-37, 1992.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C.; TAIOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. p. 303, 2009.

TRAVERSE, A. **Paleopalynology**. 2 ed. Hardbound: Springer Netherlands. 813p. 2007

TRUMBORE, S. E. Age of soil organic matter and soil respiration: radiocarbon constraints on belowground C dynamics. **Ecological Applications**, v.10, n. 2, p. 399 – 411, 2000.

TRYON, R.M.; TRYON, A.F. Ferns and allied plants. New York: Springer-Verlag, p.25-39, 1982.

TYSON, R. V. **Sedimentary Organic Matter: organic facies and palynofacies**. Chapman & Hall, London. p. 6151, 1995.

VALLADARES G. S. **Caracterização de Organossolos, auxílio à sua classificação**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, p. 115, 2003.

VAN BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil Formation**. 2ª ed. Netherlands: Kluwer Academic Press, p. 375, 2002.

VAN GEEL, B. Fossil spores of Zygnemataceae in ditches of a pre-historic settlement in Hoogkarspel (The Netherlands). **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 22, p. 337-344, 1976

VAN GEEL B. A paleoecological study of Holocene peat bog section in Germany and the Netherlands. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v.25, p.1-120, 1978.

VAN GEEL, B., COOPE, G. R., VAN DER HAMMEN, T. Palaeoecology and stratigraphy of the Late-glacial type section at Usselo (The Netherlands). **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 60, p. 25-129, 1989.

VOGEL, J. C. **Fractionation of the carbon isotopes during photosynthesis**. New York: Springer-Verlag, p. 29, 1980.

WANNER, H.; BEER, J.; BUTIKOFER, J.; CROWLEY, T.J.; CUBASCH, U.; FLUCKIGER, J.; GOOSSE, H.; GROSJEAN, M.; JOOS, F.; KAPLAN, J. O.; KÜTTEL, M.; MÜLLER, S. A.; PRENTICE, I. C.; SOLOMINA, O.; STOCKER, T. F.; TARASOV, P.; WAGNER, M.; WIDMANN, M. Mid- to Late Holocene climate change: an overview. **Quaternary Science Reviews**, v. 27, n. 19–20, p. 1791–1828, 2008.

WEISS D, SHOTYK W, RIELEY J et al. The geochemistry of major and selected trace elements in a forested peat bog, Kalimantan, SE Asia, and its implications for past atmospheric dust deposition. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 66, p. 2307–2323, 2002.

WHITE II, D.A.; WELTY-BERNARD, A.; RASMUSSEN, C. & SCHWARTZ, E. Vegetation controls on soil organic carbon dynamics in an arid, hyperthermic ecosystem. **Geoderma**, v. 150, p.214-223, 2009.

YANO, O.; MELLO, Z. R. Briófitas novas para o estado de Roraima, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 22, n. 1, p. 23-50, 1992.

YARON, B.; CALVET, R.; PROST, R. **Soilpollution: process and dynamics**. Heidelberg: Springer-Verlag, p. 320, 1996.

YBERT, J.P.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; BARTH, O.M.; LORSCHREITER, M.L.; BARROS, M.A.; CHAVES, S.A.M.; LUZ, C.F.P.; RIBEIRO, M.B.; SCHEEL, R.; VICENTINI, K.F. Sugestões para padronização da metodologia empregada em estudos palinológicos do Quaternário. **Boletim do Instituto Geológico da USP**, São Paulo, v.13, p.47-49, 1992.

YELOFF D., CHARMAN D., VAN GEEL B., MAUQUOY D. Reconstruction of hydrology, vegetation and past climate change in bogs using fungal microfossils. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 146, p. 102–145, 2007.

YONGMING, H.; PEIXUAN, D.; JUNJI, C. & POSMENTIER, E. S. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. **Science of the total environment**, v. 355, p.176-186, 2005.

ANEXO

ANEXO A- Levantamento botânico

(continua)

Família	Gênero e espécie
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> *
Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i>
Annonaceae	<i>Duguetia</i> sp.
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> *
Arecaceae	<i>Butia</i> sp.
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i> *
Arecaceae	<i>Mauritiella armata</i>
Asteraceae	<i>Dasyphyllum</i> sp.*
Asteraceae	<i>Lepidaploa aurea</i> *
Asteraceae	<i>Pseudobrickellia brasiliensis</i>
Bignoniaceae	<i>Anemopaegma glaucum</i> *
Bromeliaceae	<i>Ananas ananassoides</i> *
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> *
Callophylaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> *
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> *
Convolvulaceae	<i>Cuscuta racemosa</i>
Convolvulaceae	<i>Iseia luxurians</i> *
Cyperaceae	<i>Cyperus consors</i> *
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.*
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.*
Cyperaceae	<i>Scleria</i> sp.
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i> *
Ericaceae	<i>Gaylussacia brasiliensis</i> *
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus</i> sp.*
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> *
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp.
Fabaceae	<i>Calliandra dysantha</i> *
Fabaceae	<i>Chamaecrista basifolia</i> *
Fabaceae	cf. <i>Chamaecrista</i> *
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i>
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.*
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.*
Fabaceae	cf. <i>Mimosa</i> *
Fabaceae	<i>Mimosa</i> *
Fabaceae	<i>Copaifera</i> aff. <i>oblongifolia</i>
Fabaceae	<i>Periandra mediterranea</i> *
Fabaceae	<i>Periandra</i> sp.
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i>
Fabaceae	<i>Pterodon emarginatus</i> *
Lycopodiaceae	<i>Lycopodiella alopecuroides</i>
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i> *

ANEXO A- Levantamento botânico

(conclusão)

Família	Gênero e espécie
Malpighiaceae	<i>Byrsonima umbellata</i> *
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i> *
Malpighiaceae	<i>Heteropterys</i> sp.
Malvaceae	<i>Waltheria indica</i> *
Melastomataceae	<i>Cambessedesia</i> sp.*
Melastomataceae	<i>Macairea radula</i> *
Melastomataceae	<i>Miconia chamissois</i>
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.
Melastomataceae	<i>Rhynchanthera grandiflora</i> *
Melastomataceae	<i>Svitramia</i> sp.*
Myrtaceae	<i>Eugenia suberosa</i>
Myrtaceae	<i>Eugenia bimarginata</i> *
Myrtaceae	<i>Myrcia pubescens</i> *
Poaceae	<i>Aristida recurvata</i> *
Poaceae	cf. <i>Ichnanthus</i> sp.*
Poaceae	<i>Schyzachirium</i> sp.
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> sp.
Rubiaceae	<i>Borreria</i> sp.*
Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i> *
Velloziaceae	<i>Vellozia</i> aff. <i>Compacta</i> *
Verbenaceae	cf. <i>Lippia</i> *
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariodora</i>
Xyridaceae	<i>Xyris</i> sp.*

*Materiais que foram montadas as lâminas da palinoteca.

ANEXO B – Valores de COT, N, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, H e O do testemunho vereda Pau Grande
(continua)

Prof. (cm)	C -----‰-----	N -----‰-----	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	H -----‰-----	O -----‰-----
0-2	16,54	1,17	14,17	-16,91	4,82	1,95	11,46
2-4	27,32	1,89	14,44	-16,27	4,14	2,30	7,43
4-6	28,41	2,02	14,07	-17,21	3,77	2,16	7,22
6-8	23,63	1,55	15,19	-18,64	4,00	2,13	7,09
8-10	31,66	1,85	17,09	-21,63	3,94	2,72	9,22
10-12	30,14	1,41	21,34	-22,65	3,89	2,49	9,07
12-14	23,07	1,07	21,59	-21,99	3,94	1,94	7,34
14-16	30,61	1,42	21,62	-20,77	3,58	2,63	4,63
16-18	33,03	1,48	22,28	-20,60	3,14	2,82	7,22
18-20	34,00	1,40	24,32	-20,68	3,10	2,84	7,18
20-22	32,11	1,19	26,90	-21,38	3,53	2,71	11,65
22-24	38,75	0,78	49,42	-21,72	3,59	4,20	7,13
24-26	42,12	0,78	53,80	-21,94	3,72	4,47	9,67
26-28	40,58	0,77	52,41	-21,57	3,30	4,32	9,40
28-30	40,71	0,70	58,15	-22,07	3,27	4,31	7,57
30-32	38,85	1,26	30,93	-21,91	3,33	3,55	9,63
32-34	39,39	1,15	34,23	-21,73	3,33	3,35	2,99
34-35	27,74	0,89	31,33	-19,84	3,37	2,50	6,53
35-37	25,05	0,73	34,39	-17,97	3,62	2,23	7,61
37-39	21,98	0,63	34,99	-17,68	3,57	1,90	7,82
39-41	19,56	0,61	32,10	-17,98	3,94	1,76	5,61
41-43	18,71	0,61	30,60	-17,93	4,01	1,61	8,75
43-45	22,18	0,67	33,21	-18,05	3,70	1,96	5,11
45-47	13,67	0,48	28,65	-18,77	3,68	1,53	5,70
47-49	15,65	0,47	33,00	-19,18	3,76	1,27	5,83
49-51	13,07	0,42	31,00	-17,86	3,97	1,39	5,74
51-53	13,33	0,45	29,67	-17,07	4,24	1,34	4,59
53-55	10,59	0,34	31,22	-16,91	3,54	1,15	5,42
55-57	9,61	0,19	49,58	-16,62	3,42	0,88	3,82
57-59	9,21	0,17	53,10	-16,37	3,35	0,98	3,32
59-61	8,48	0,16	54,53	-16,31	3,82	0,97	3,97
61-63	10,22	0,20	51,30	-15,83	3,84	1,16	5,39
63-65	7,87	0,12	64,01	-15,54	3,31	0,95	4,79
65-67	12,18	0,19	65,84	-15,71	3,17	1,21	4,80
67-69	12,83	0,20	63,40	-15,83	3,48	1,19	5,81
69-71	13,74	0,22	62,93	-15,67	3,65	1,19	5,30
71-73	13,98	0,22	64,40	-15,69	3,33	1,32	5,30
73-75	15,85	0,21	73,92	-15,38	3,24	1,44	5,36
75-77	14,57	0,22	66,39	-15,11	3,25	1,35	7,12
77-79	15,92	0,21	74,90	-15,02	3,57	1,45	4,65
79-81	15,16	0,83	18,37	-14,84	3,84	1,05	5,35

ANEXO B – Valores de COT, N, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, H e O do testemunho vereda Pau Grande
(continua)

Prof. (cm)	C -----‰-----	N -----‰-----	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	H -----‰-----	O -----‰-----
81-83	15,27	0,36	42,75	-15,25	3,41	1,27	7,84
83-85	15,69	0,31	49,93	-15,12	3,33	1,28	5,93
85-87	16,33	0,31	51,89	-15,19	3,51	1,51	5,74
87-89	15,72	0,30	52,60	-15,13	3,10	1,46	5,33
89-91	14,24	0,29	49,06	-15,03	2,81	1,55	8,92
91-93	12,87	0,27	47,14	-14,63	3,54	1,36	8,29
93-95	24,23	0,43	56,78	-14,72	3,90	2,98	5,64
95-97	25,29	0,48	52,75	-15,32	3,90	2,82	6,62
97-99	15,32	0,28	54,97	-15,55	3,86	1,56	7,35
99-101	12,29	0,25	50,07	-15,47	3,95	1,36	7,63
101-103	8,74	0,26	33,82	-15,80	4,27	1,18	7,90
103-105	9,08	0,23	39,71	-16,85	4,06	1,02	3,27
105-107	10,03	0,22	45,69	-16,22	4,07	1,20	5,92
107-109	8,15	0,18	45,05	-16,02	4,27	1,04	6,61
109-111	8,96	0,20	43,91	-15,47	4,14	1,16	4,74
111-113	4,71	0,13	36,28	-15,70	2,89	0,86	4,38
113-115	4,04	0,13	31,54	-16,41	3,74	0,92	3,21
115-117	3,04	0,10	31,28	-15,64	4,31	0,76	3,48
117-119	4,28	0,11	39,55	-15,43	3,65	0,81	4,20
119-121	3,08	0,11	27,72	-15,74	4,00	0,94	3,58
121-123	4,14	0,12	35,48	-16,02	4,01	0,99	3,29
123-125	6,28	0,14	45,95	-16,36	3,84	1,09	3,48
125-127	6,69	0,15	44,57	-16,38	3,52	1,04	4,94
127-129	4,63	0,08	59,80	-16,00	3,88	0,86	3,17
129-131	3,33	0,05	63,43	-15,76	4,04	0,84	3,51
131-133	5,33	0,08	64,53	-15,51	4,25	0,82	3,65
133-135	6,43	0,11	60,25	-14,87	3,82	0,93	4,36
135-137	5,47	0,10	52,17	-14,92	4,13	0,99	4,36
137-139	7,33	0,12	61,03	-15,07	4,30	1,09	4,43
139-141	6,34	0,11	57,91	-16,05	3,42	1,01	3,87
141-143	6,09	0,09	65,07	-16,01	3,82	0,94	4,61
143-145	5,59	0,09	61,36	-16,28	3,50	0,93	3,79
145-147	3,95	0,06	63,21	-16,35	3,55	0,86	3,20
147-149	3,72	0,03	111,52	-16,19	3,66	0,90	3,07
149-151	5,13	0,07	73,08	-16,65	2,84	0,98	6,35
151-153	6,84	0,06	105,76	-16,78	2,80	0,96	2,98
153-158	4,92	0,05	92,26	-17,02	3,17	0,73	3,30
158-163	0,76	0,02	30,75	-17,74	3,44	0,71	3,06
163-168	0,80	0,04	19,77	-17,10	2,15	0,80	5,03
168-173	0,52	0,02	21,16	-19,20	1,84	0,65	4,57
173-178	0,53	0,02	24,13	-18,85	2,21	0,70	4,99

ANEXO B – Valores de COT, N, C/N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, H e Odo testemunho vereda Pau Grande
(conclusão)

Prof. (cm)	C -----‰-----	N	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$	O -----‰-----	H
178-183	0,54	0,01	41,66	-18,22	4,31	0,74	4,92
183-188	0,59	0,03	22,38	-20,12	4,06	0,81	4,63
188-193	0,54	0,00	131,56	-19,71	3,04	0,59	4,36
193-198	0,76	0,04	21,40	-18,12	2,78	0,73	4,89
198-203	0,52	0,03	20,07	-18,81	4,06	0,68	5,16
203-208	0,59	0,21	2,82	-19,04	2,61	0,71	4,86
208-213	0,50	0,22	2,30	-19,62	1,74	0,80	2,92
213-218	0,42	0,17	2,49	-19,76	3,05	0,66	2,91
218-223	0,55	0,17	3,26	-18,49	3,43	0,81	2,92
223-228	0,31	0,13	2,39	-18,54		0,71	2,83
228-233	0,29	0,15	2,01	-19,95		0,80	3,13
233-238	0,36	0,14	2,53	-19,09		0,84	3,14
238-243	0,31	0,11	2,84	-16,44		0,76	3,09
243-248	0,33	0,11	3,01	-21,02		0,79	3,26
248-253	0,30	0,11	2,75	-20,66	4,69	0,78	3,32
253-258	0,34	0,08	4,42	-18,39	4,57	0,69	2,90
258-263	0,31	0,06	4,88	-18,48	3,83	0,71	2,88
263-268	0,27	0,08	3,32	-18,44		0,69	2,94
268-273	0,32	0,05	5,91	-20,27	3,97	0,90	2,90
273-278	0,31	0,04	8,81	-17,95	2,09	0,67	3,25
278-283	0,26	0,05	4,97	-16,77		0,62	2,85

Anexo C - Concentrações de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca (g kg⁻¹) e de Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br (µg g⁻¹) do testemunho da vereda Pau-Grande

(continua)

Prof (cm)	S	P	Si	Al	Fe	Ti	K	Ca	Zr	Y	Mn	Cu	Pb	Br
	g kg ⁻¹							µg g ⁻¹						
0-2	3,36		557	84	37	1	3	1,32			920	140		190
2-4	3,02		463	114	25	1	2	1,07			530	130		140
4-6	2,6		476	109	9	1	2	1,15			450	120		100
6-8	3,75	4	514	118	11	2	2	1,22	40	50	560	140		140
8-10	3,95	3	422	105	5	1	3	0,43	60	60	330	110	200	120
10-12	3,59	4	439	113	4	2	2	0,36	40		270	120	220	100
12-14	5,82	6	494	147	6	3	2	1,07	60		470	200	490	140
14-16	4,73	5	430	155	5	1	2	0,26				160	480	150
16-18	4,32	4	382	155	4	1	1	1	40			120	360	170
18-20	4,07	3	386	144	3	1	1	0,51	80			130		160
20-22	5,38	4	309	195	4	2	2	0,86	60	180	430	140	450	250
22-24	4,1	3	316	160	3	2	1	0,55	40	150	230	130	320	240
24-26	3,6	2	253	162	3	2	1	0,56	30		160	110	240	230
26-28	3,81		254	183	3	2	0	0,93	50	140		130	310	220
28-30	3,63		247	206	4	3	2	0,68	50			150	320	220
30-32	4,17	3	227	222	5	3	1	0,1	60			190	390	260
32-34	4,23	4	262	248	5	4	0	1,38	60	210		220	410	
34-35	2,81	3	314	289	5	3	2	0,84	70	210		160	270	210
35-37	1,24		300	327	5	3	1	0,33	120	320		130	270	230
37-39	1,3		343	316	5	3	1	0,33	80	400		140		260
39-41	1,04		363	345	6	3	1	0,3	160	440		150	300	240
41-43	1,09		352	336	5	3		0,1	120	310		120	200	170
43-45	1,12		382	304	5	4	1	0,34	160	370		120	260	180
45-47	1,45		439	332	5	5	1	0,1	230	310		130	240	110
47-49	1,11		414	339	5	5	1	0,1	170	350		140	230	140

Anexo C - Concentrações de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca (g kg⁻¹) e de Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br (µg g⁻¹) do testemunho da vereda Pau-Grande

(continua)

Prof (cm)	S	P	Si	Al	Fe	Ti	K	Ca	Zr	Y	Mn	Cu	Pb	Br
	g kg ⁻¹							µg g ⁻¹						
49-51	0,96		431	351	5	5	1	0,1	160	260		120		90
51-53	0,86		446	343	5	6	1	0,1	240	230		140	220	50
53-55	1		466	346	5	5	1	0,1	250	210		130	190	50
55-57	0,5		503	341	4	5	1	0,1	210	170		90	140	40
57-59	1,03		519	331	4	5	1	0,34	220	200				
59-61	0,82		503	349	5	6		0,1	220	230			160	
61-63	0,86		479	338	4	6	1	0,1	260	220		100	170	40
63-65	1		494	355	4	6	0	0,1	240	230		120	140	
65-67	0,5		487	319	4	5	1	0,1	220	230		100	140	
67-69	0,88		452	334	4	6	1	0,1	150	260		110		
69-71	0,82		431	352	4	5	1	0,1	150	280		100	200	
71-73	0,92		418	359	5	5	1	0,1	140	290		110	200	30
73-75	0,82		394	363	5	6	1	0,39	180	400		100	210	40
75-77	0,85		383	367	6	4		0,1	150	430		120	260	60
77-79	0,93		388	374	6	6		0,1	110	500		140		70
79-81	0,81		394	367	5	6	1	0,1	130	510		130	220	60
81-83	0,5		368	369	5	5	1	0,1	130	490		120	210	70
83-85	0,5		372	380	6	6	1	0,1	90	480		140		80
85-87	0,5		363	384	6	6	1	0,1	110	490		140		80
87-89	0,5		363	392	6	3	0	0,1	140	560		130	250	110
89-91	0,5		335	401	6	6	1	0,1	100	450		120		90
91-93	0,5		357	400	7	6	1	0,1	100	370		140	150	100
93-95	0,5		296	358	6	5	1	0,1	100	290		110	160	80
95-97	0,5		315	323	5	4		0,1	120	320		100	160	80
97-99	0,5		390	350	6	6	1	0,1	220	490		130	220	120

Anexo C - Concentrações de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca (g kg⁻¹) e de Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br (µg g⁻¹) do testemunho da vereda Pau-Grande

(continua)

Prof (cm)	S	P	Si	Al	Fe	Ti	K	Ca	Zr	Y	Mn	Cu	Pb	Br
	g kg ⁻¹							µg g ⁻¹						
99-101	0,5		437	334	5	6	1	0,1	160	410		140		120
101-103	0,5		488	317	5	7	1	0,1	200	350		150	200	120
103-105	0,5		468	380	6	7	1	0,1	250	480		200	190	150
105-107	0,86		418	390	7	7		0,1	200	400		160	180	140
107-109	0,5		438	386	6	6	1	0,1	170	340		130	200	100
109-111	0,71		494	344	4	5	1	0,1	210	280		100	140	80
111-113	1,39		604	283	3	5	1	0,1		230		90		80
113-115	0,9		641	268	3	3		0,1	280	130		100		
115-117	0,5		633	281	3	4	1	0,1	390	130		100		
117-119	1,02		607	291	3	3	1	0,1	280	140		70		
119-121	0,8		583	329	3	4	1	0,1	300	150		100		40
121-123	0,82		568	336	4	4	1	0,1		150		100		50
123-125	0,5		531	348	5	5		0,1	240	270		100		120
125-127	0,75		494	367	5	5		0,1	230	300		100	150	140
127-129	0,93		575	326	4	5	1	0,1	280	240		100		110
129-131	0,5		609	304	3	4	1	0,1	320	200		90		100
131-133	0,5		583	308	3	4	1	0,1	390	220		120		130
133-135	1,04		524	345	5	5		0,1	220	470		150	130	240
135-137	0,5		506	371	5	5	1	0,1	210	470		120	140	250
137-139	0,5		457	396	7	6	1	0,1	180	460		180	190	280
139-141	0,5		496	376	6	5	1	0,1	220	490		150	180	320
141-143	0,5		481	387	6	6	1	0,1	240	420		150		310
143-145	0,5		523	360	5	5	1	0,1	270	370		140		270
145-147	0,5		574	336	4	4		0,1	360	330		100		280
147-149	0,5		605	308	4	4	1	0,1	350	270		130		250

Anexo C - Concentrações de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca (g kg⁻¹) e de Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br (µg g⁻¹) do testemunho da vereda Pau-Grande

(continua)

Prof (cm)	S	P	Si	Al	Fe	Ti	K	Ca	Zr	Y	Mn	Cu	Pb	Br
	g kg ⁻¹							µg g ⁻¹						
149-151	0,5		555	307	4	5	1	0,1	400	380		140		430
151-153	0,5		591	289	3	5	1	0,1	430	460		150		540
153-158	0,5		629	271	3	4	1	0,1	460	390		140		530
158-163	0,79		562	112	1	1	1	0,1	290	70		70		70
163-168	1,28		849	81		1		0,1	360	110		110		70
168-173	1,83		854	80		3	1	0,1	510	80		120		
173-178	0,5		842	90		2	1	0,1	280	70		110		
178-183	1,98		834	94	1	3	1	0,1	350	110		100		
183-188	1,53		844	92		2		0,1	420	150				70
188-193	1,62		826	111		3	1	0,1	320	110		120		
193-198	1,36		811	118	2	2	1	0,1	270	170		120		70
198-203	1,69		832	96	2	3	1	0,1	380	90				
203-208	0,93		801	123	2	5	1	0,1	780	110		90		
208-213	0,5		848	102		4		0,1	320	110		100		
213-218	0,5		860	95	1	2		0,1	300	90		130		
218-223	2,02		942		3	4	1	0,1	450	130		150		
223-228	4,6		951			5	1	0,77	1120					
228-233	0,5		889	50	3	8		0,1	2670			140		
233-238	1,54		896	54			1	0,36				130		
238-243	2,68		884	59	1	2	1	0,62	460			110		
243-248	1,71		888	62		1	1	0,1	430			140		
248-253	0,5		878	70	1	1	1	0,35	280			100		
253-258	2,18		876	78		1	1	0,38	570			120		
258-263	1,65		891	63	1	2		0,1	650			150		
263-268	0,5		891	63	1	2		0,1	180			110		

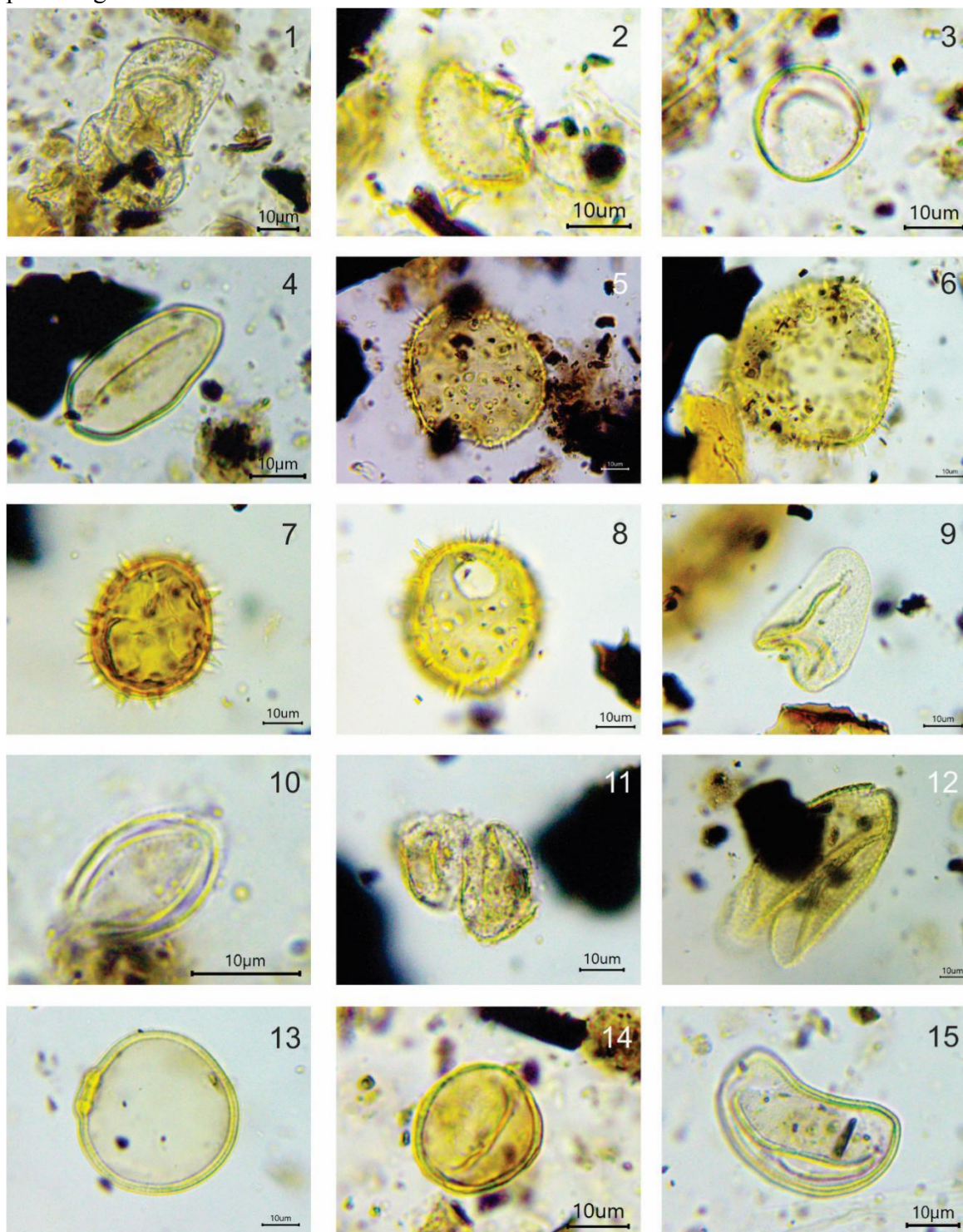
Anexo C - Concentrações de S, P, Si, Al, Fe, Ti, K, Ca (g kg^{-1}) e de Zr, Y, Mn, Cu, Pb, Br ($\mu\text{g g}^{-1}$) do testemunho da vereda Pau-Grande

(conclusão)

Prof (cm)	S	P	Si	Al	Fe	Ti	K	Ca	Zr	Y	Mn	Cu	Pb	Br
				g kg^{-1}							$\mu\text{g g}^{-1}$			
268-273	2,34		889	62		1		0,1	150			130		
273-278	1,48		858	90		4	1	0,1	590			100		
278-283	2,06		911	46		1	1	0,1	260			100		

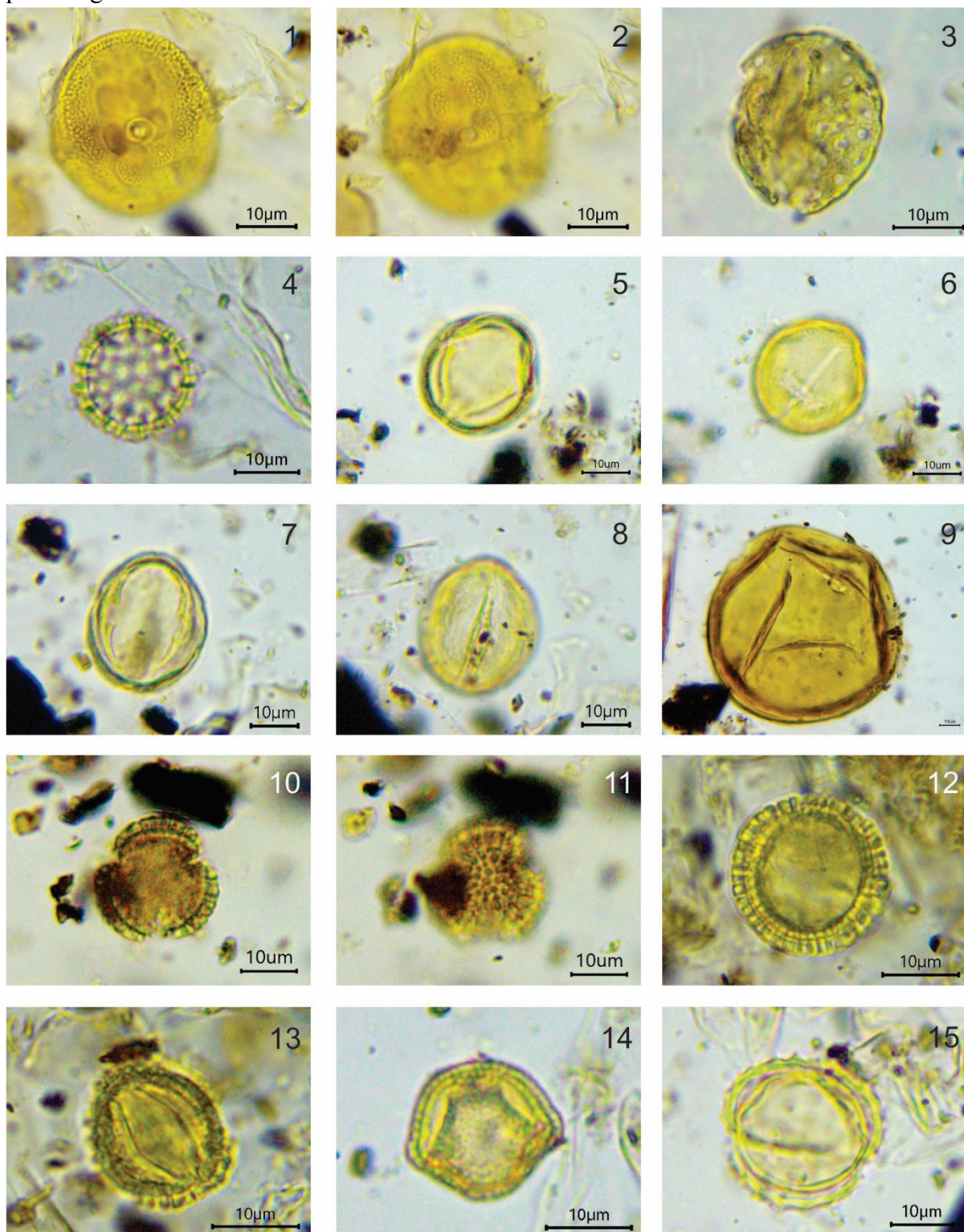
APÊNDICE

APÊNDICE A – Prancha 1 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



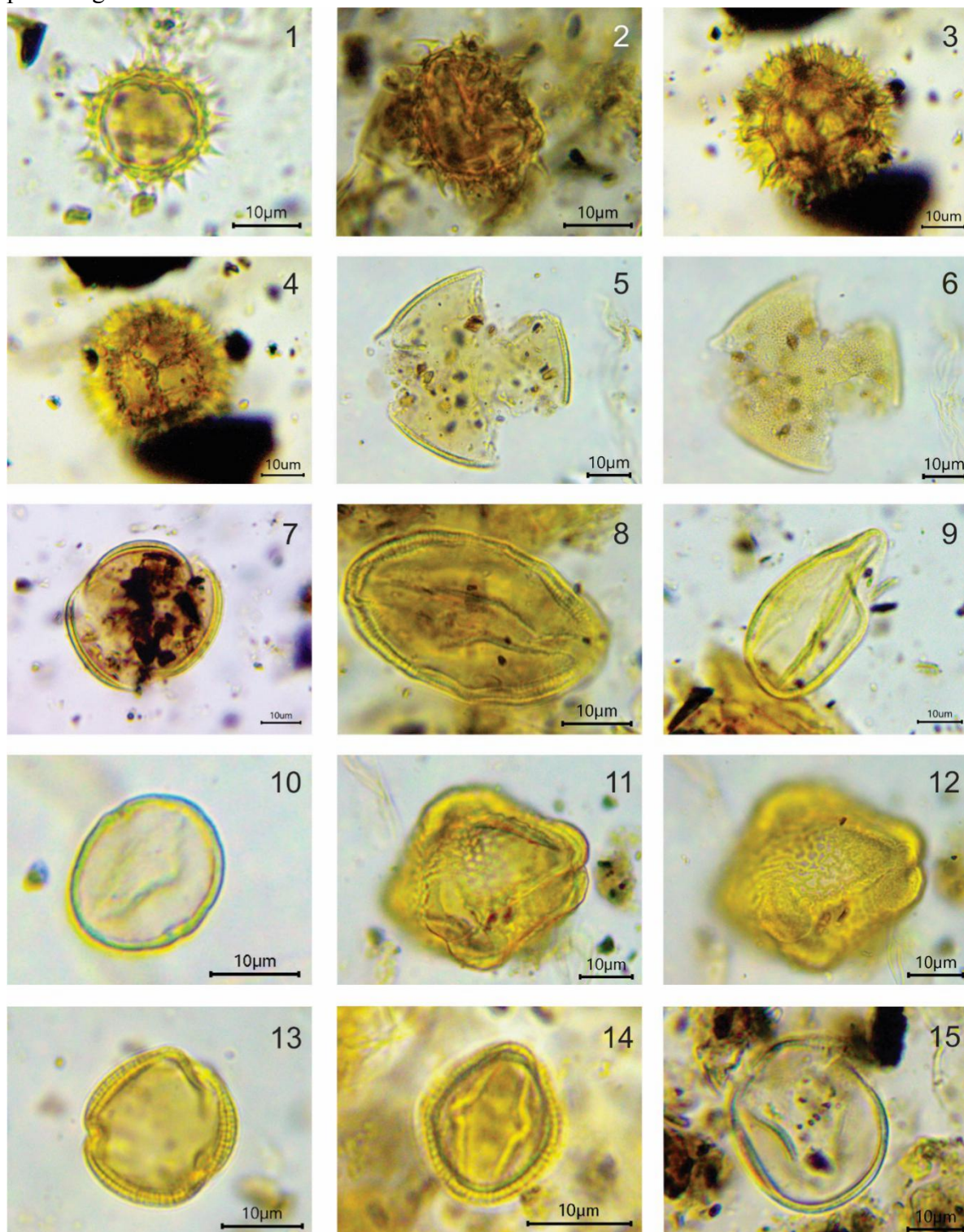
PRANCHA 1: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Pinophyta e Magnoliophyta, Classes Pinopsida e Liliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Fig. 1: Classe Pinopsida. Família Podocarpaceae, *Podocarpus*. Figs. 2 a 15: Classe Liliopsida. Fig. 2: Família Alismataceae, Alismataceae tipo 1. Fig. 3: Família Araceae. Figs. 4 a 8: Família Arecaceae. 4. Tipo *Butia/Syagrus*. 5-6. *Mauritia flexuosa*. 7-8. *Mauritiella armata*. Fig. 9: Família Cyperaceae. Fig. 10: Família Dioscoreaceae, *Dioscorea*. Fig. 11: Família Eriocaulaceae, *Paepalanthus*. Fig. 12: Família Iridaceae, *Trimezia*. Fig. 13: Família Poaceae. Fig. 14: Família Typhaceae, *Typha*. Fig. 15: Família Xyridaceae, *Xyris*. Escala nas figuras = 10µm.

APÊNDICE A – Prancha 2 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



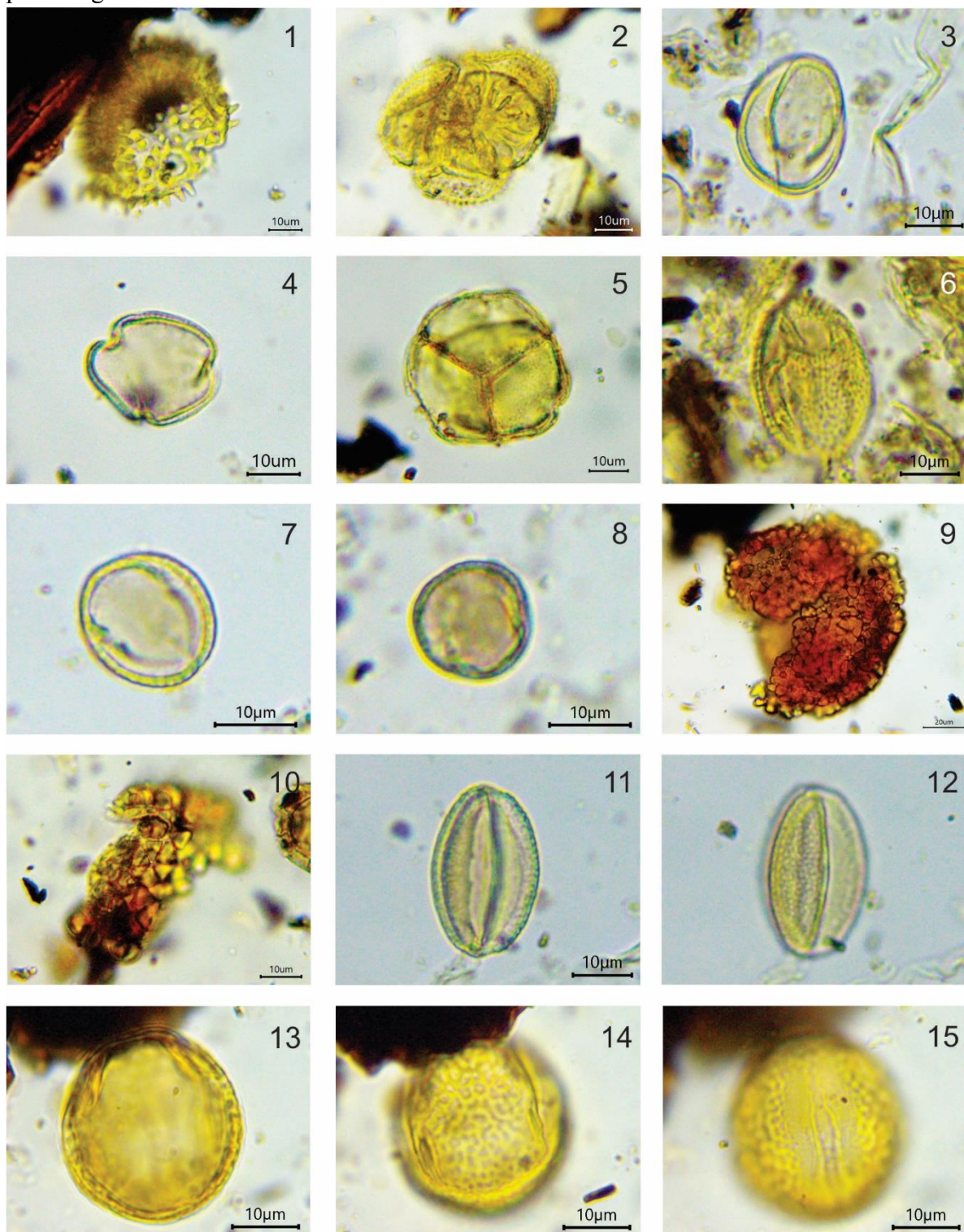
PRANCHA 2: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 e 2: Família Acanthaceae, *Justicia*. Figs. 3 e 4: Família Amaranthaceae. 3. *Amaranthus*. 4. *Gomphrena*. Figs. 5 a 8: Família Anacardiaceae, *Tapirira guianensis*. Fig. 9: Família Apocynaceae, *Prestonia*. Figs. 10 a 13: Família Aquifoliaceae, *Ilex*. Fig. 14: Família Araliaceae, *Schefflera*. Fig. 15: Família Asteraceae, *Ambrosia*. Escala nas figuras = 10µm.

APÊNDICE A – Prancha 3 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



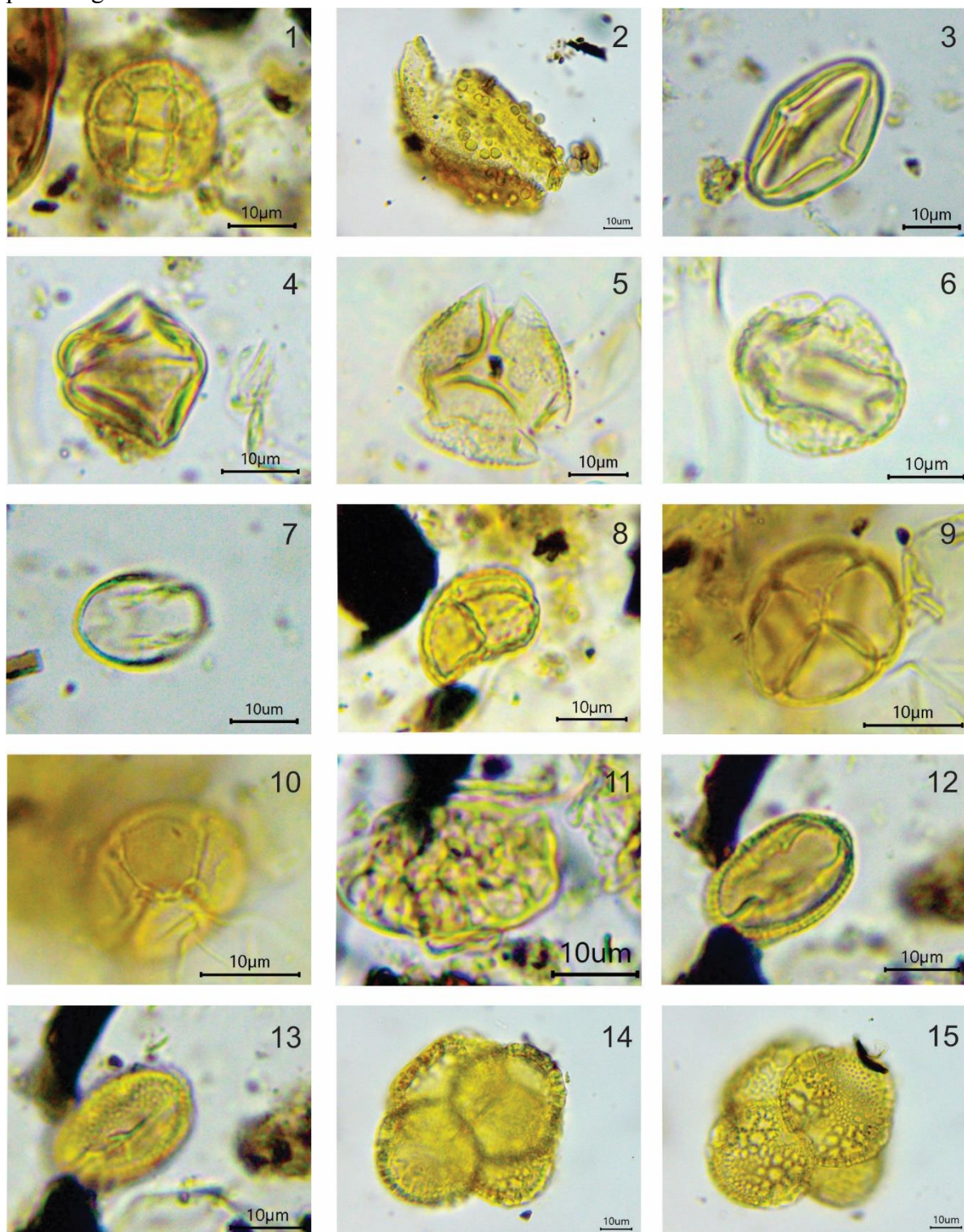
PRANCHA 3: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 a 4: Família Asteraceae. 1. *Baccharis*. 2. *Ichthyothere*. 3-4. *Lepidaploa aurea*. Figs. 5 a 9: Família Bignoniaceae. 5-6. *Jacaranda*. 7-9. *Tabebuia*. Fig. 10: Família Cannabaceae, *Trema*. Figs. 11 e 12: Família Caryocaraceae, *Caryocar brasiliensis*. Figs. 13 e 14: Família Celastraceae, *Salacia*. Fig. 15: Família Chloranthaceae, *Hedyosmum*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE A – Prancha 4 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



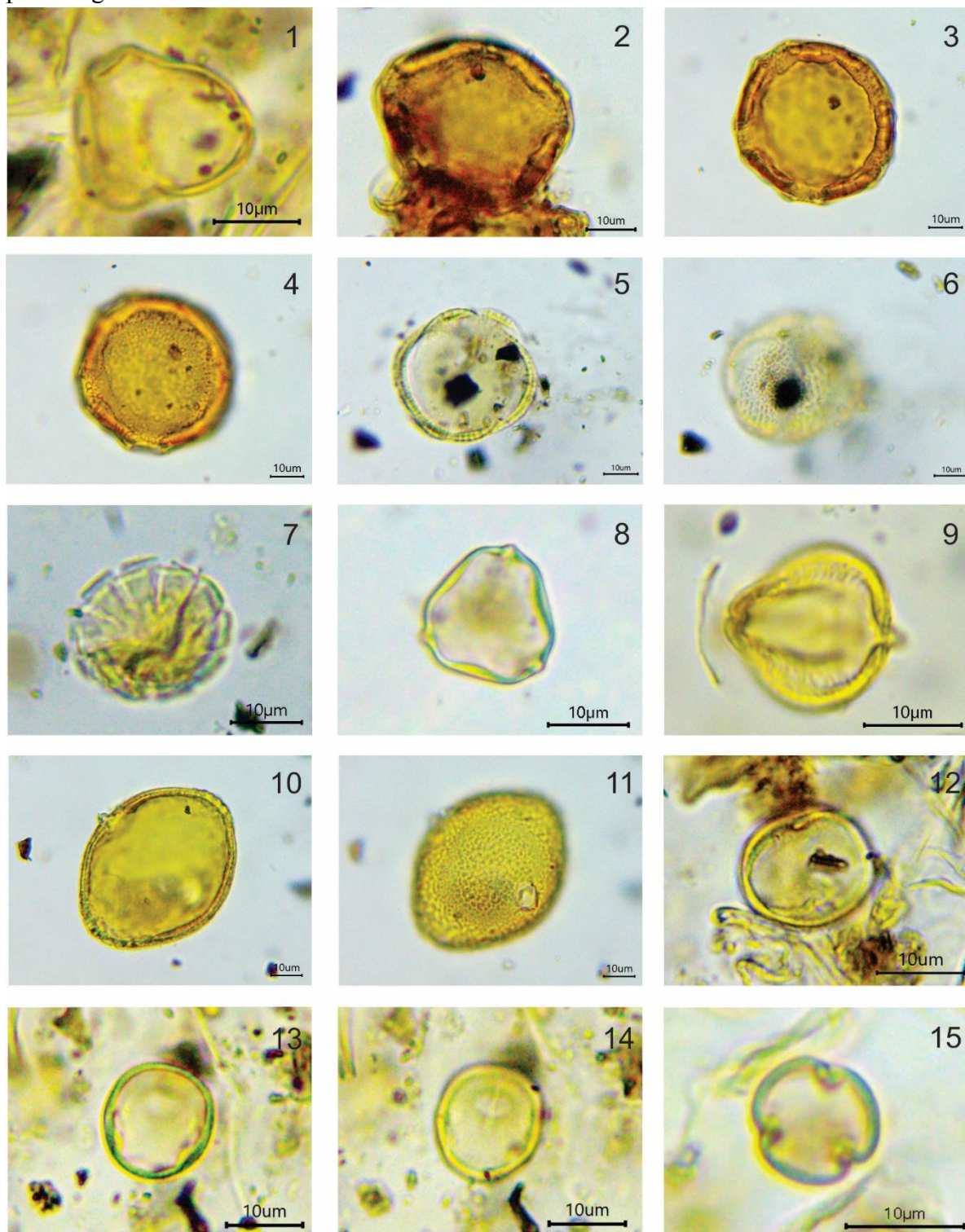
PRANCHA 4: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Fig. 1: Família Cucurbitaceae, *Cayaponia*. Fig. 2: Família Droseraceae, *Drosera*. Figs. 3 e 4: Família Elaeocarpaceae, *Sloanea*. Fig. 5: Família Ericaceae, *Gaylussacia*. Fig. 6: Família Erythroxylaceae, *Erythroxylum*. Figs. 7 a 12: Família Euphorbiaceae. 7-8. *Bernardia*. 9-10. *Croton*. 11-12. Tipo *Microstachys/Sebastiania*. Figs. 13 a 15: Família Fabaceae, *Aeschynomene sensitiva*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE A – Prancha 5 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



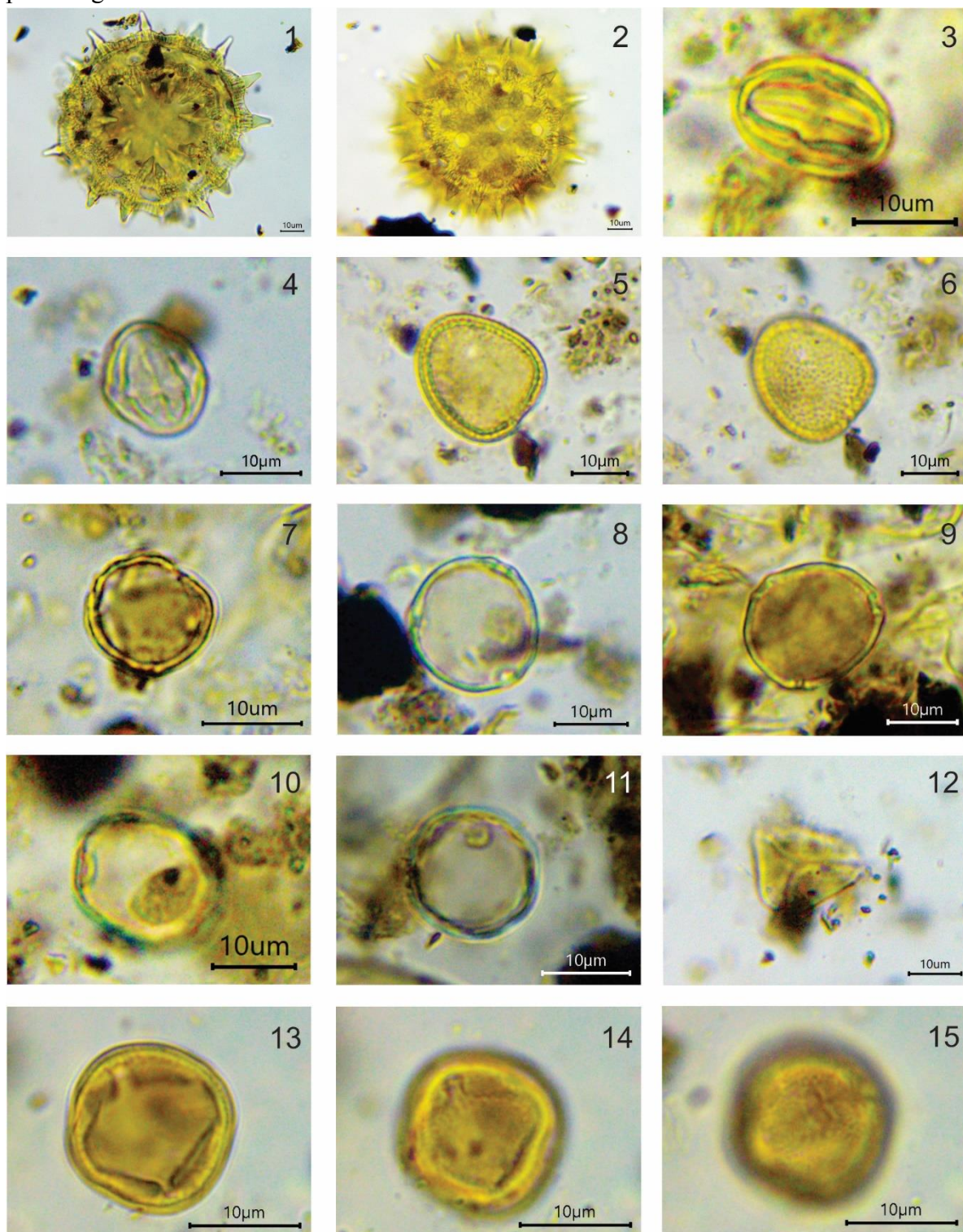
PRANCHA 5: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 a 13: Família Fabaceae. 1. *Anadenanthera*. 2. *Bauhinia*. 3. *Chamaecrista*. 4. *Copaifera*. 5-6. *Galactia*. 7. *Leptolobium*. 8. *Mimosa pigra*. 9. *Mimosa* sp. 10. *Piptadenia*. 12-13. *Pterocarpus*. Figs. 14 e 15: Família Gentianaceae, *Chelonanthus*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE A – Prancha 6 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



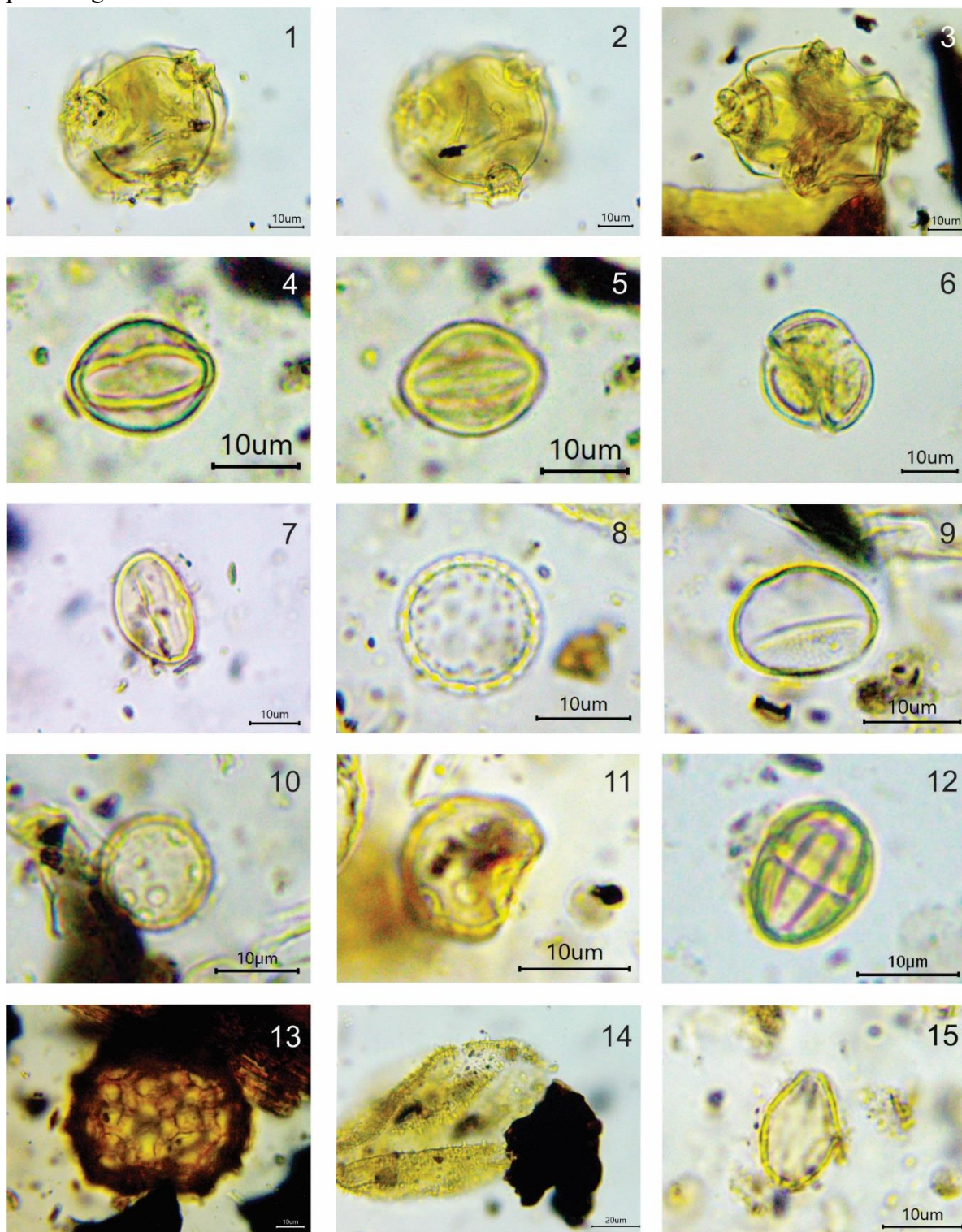
PRANCHA 6: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Fig. 1: Família Gentianaceae, *Voyria*. Figs. 2 a 4: Família Guttiferae, *Symphonia*. Figs. 5 e 6: Família Lamiaceae, *Hyptis*. Fig. 7: Família Lentibulariaceae, *Utricularia*. Figs. 8 a 11: Família Lythraceae. 8. *Cuphea* tipo 1. 9. *Cuphea* tipo 2. 10-11. *Diplusodon*. Figs. 12 a 15: Família Malpighiaceae, *Byrsonima*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE A – Prancha 7 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



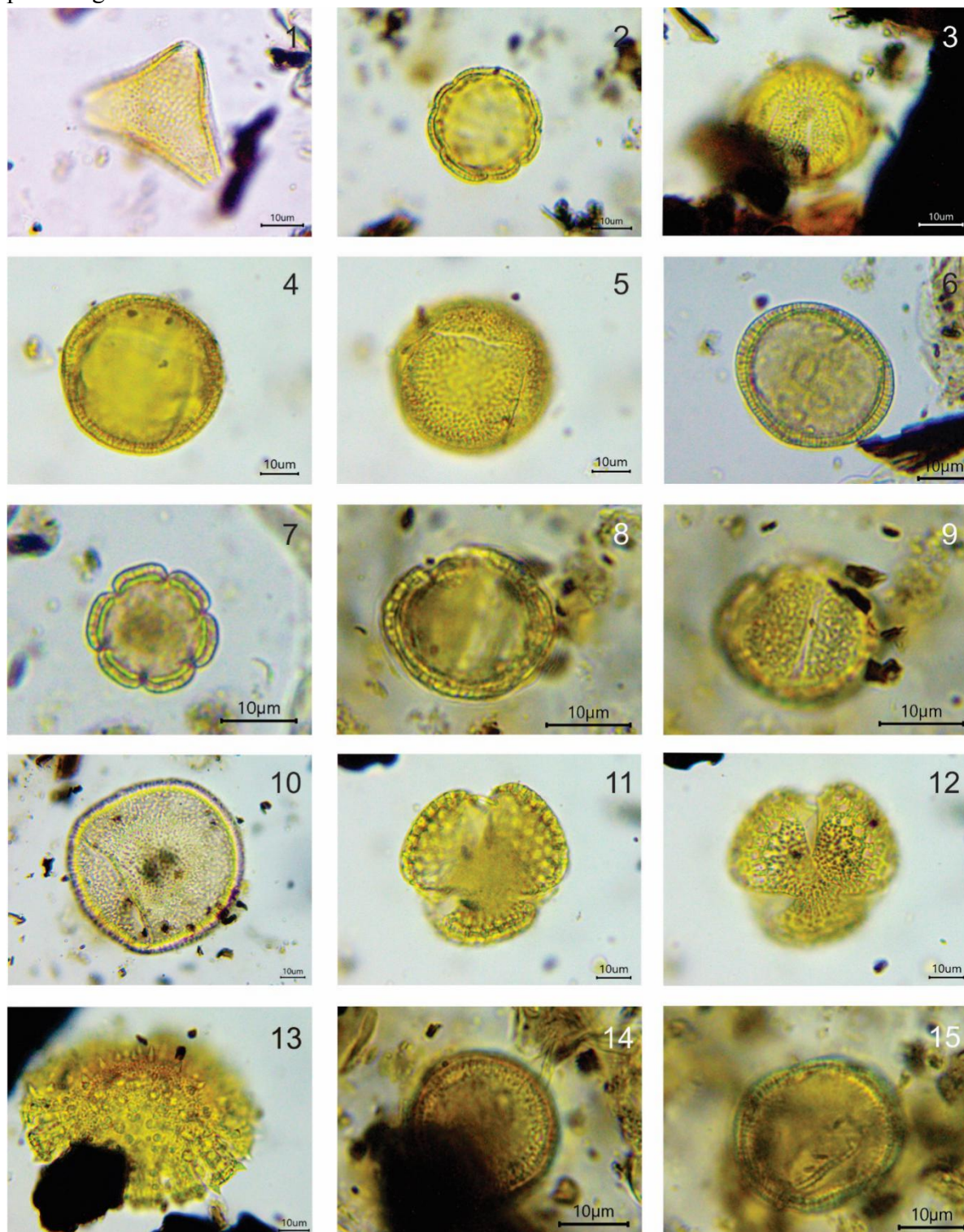
PRANCHA 7: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 e 2: Família Malvaceae, *Malachra*. Figs. 3 e 4: Família Melastomataceae. 3. Melastomataceae tipo 1. 4. Melastomataceae tipo 2. Figs. 5 e 6: Família Menispermaceae, *Hyperbaena*. Figs. 7 a 11: Família Moraceae. 7. *Helicostylis*. 8 e 9. *Sorocea*. 10. Moraceae tipo 1. 11. Moraceae tipo 2. Fig. 12: Família Myrtaceae, Tipo *Myrcial/Eugenia*. Figs. 13 a 15: Família Olacaceae, *Ximenia*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE A – Prancha 8 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



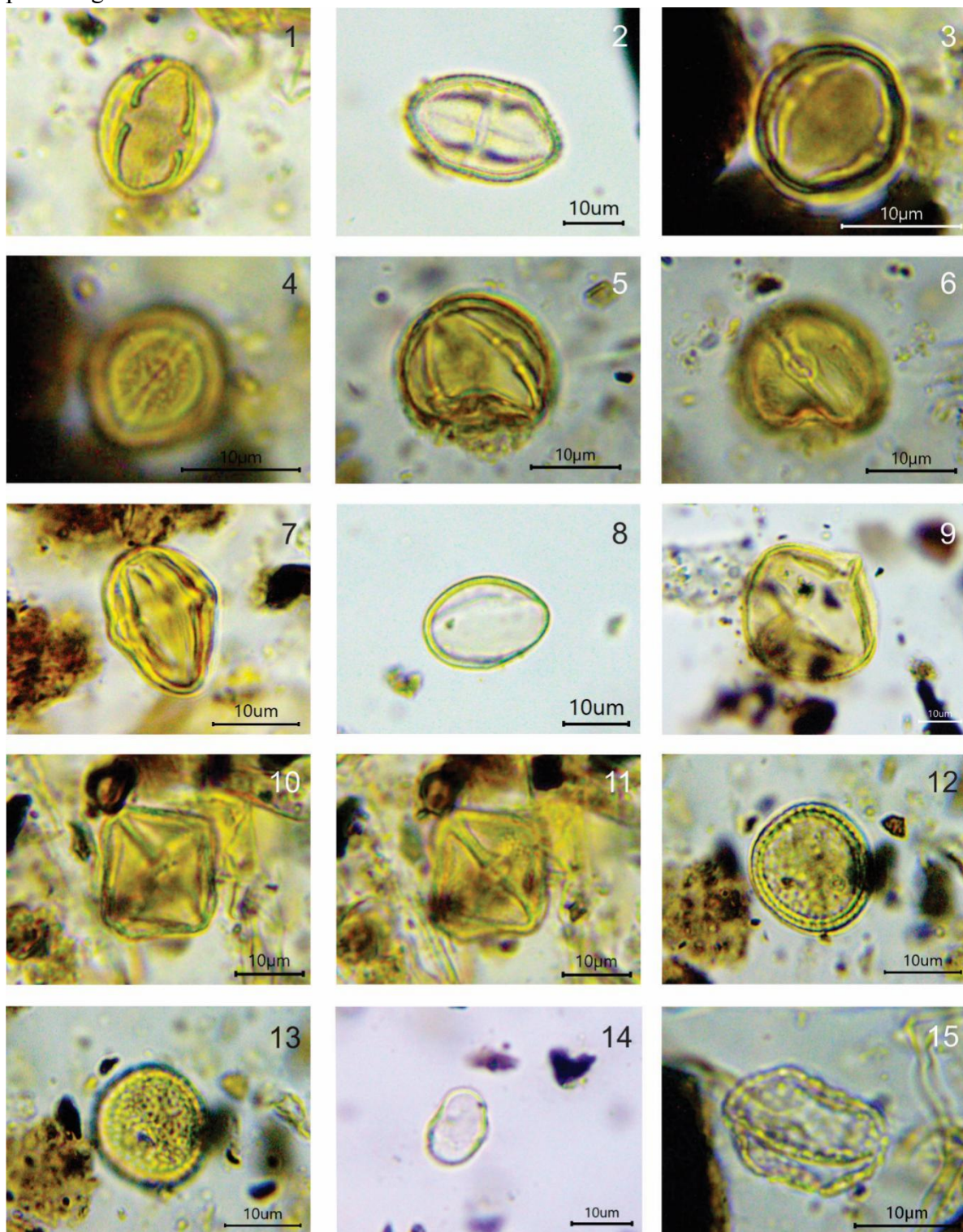
PRANCHA 8: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 a 3: Família Onagraceae, *Ludwigia*. Figs. 4 a 6: Família Phyllanthaceae, *Richeria*. Fig. 7: Família Picramniaceae, *Picramnia*. Família 8 e 9: Família Piperaceae. 8. *Peperomia*. 9. *Piper*. Figs. 10 e 11: Família Plantaginaceae, *Plantago*. Figs. 12 e 13: Família Polygalaceae. 12. *Polygala*. 13. *Polygonum*. Fig. 14: Família Portulacaceae, *Portulaca*. Fig. 15: Família Primulaceae, *Cybianthus*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE A – Prancha 9 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



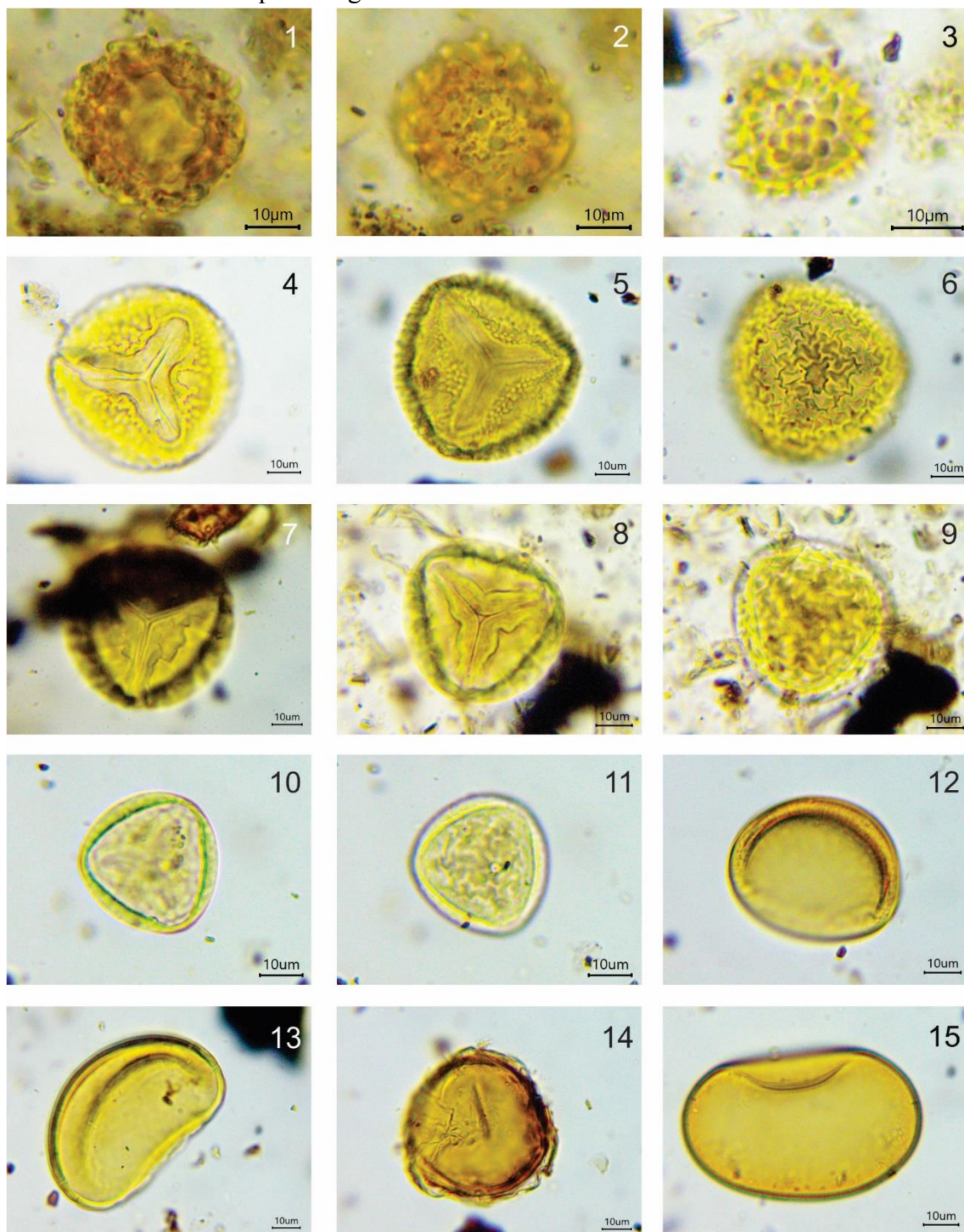
PRANCHA 9: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Fig. 1: Família Proteaceae, *Roupala*. Figs. 2 a 15: Família Rubiaceae. 2-3. *Borreria verticillata*. 4-5. *Declieuxia*. 6-7. *Emmeorrhiza*. 8-9. *Mitracarpus*. 10. *Palicourea*. 11-12. *Posoqueria*. 13. *Richardia scabra*. 14-15. *Spermacoce*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE A – Prancha 10 – Fotomicrografias dos tipos polínicos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



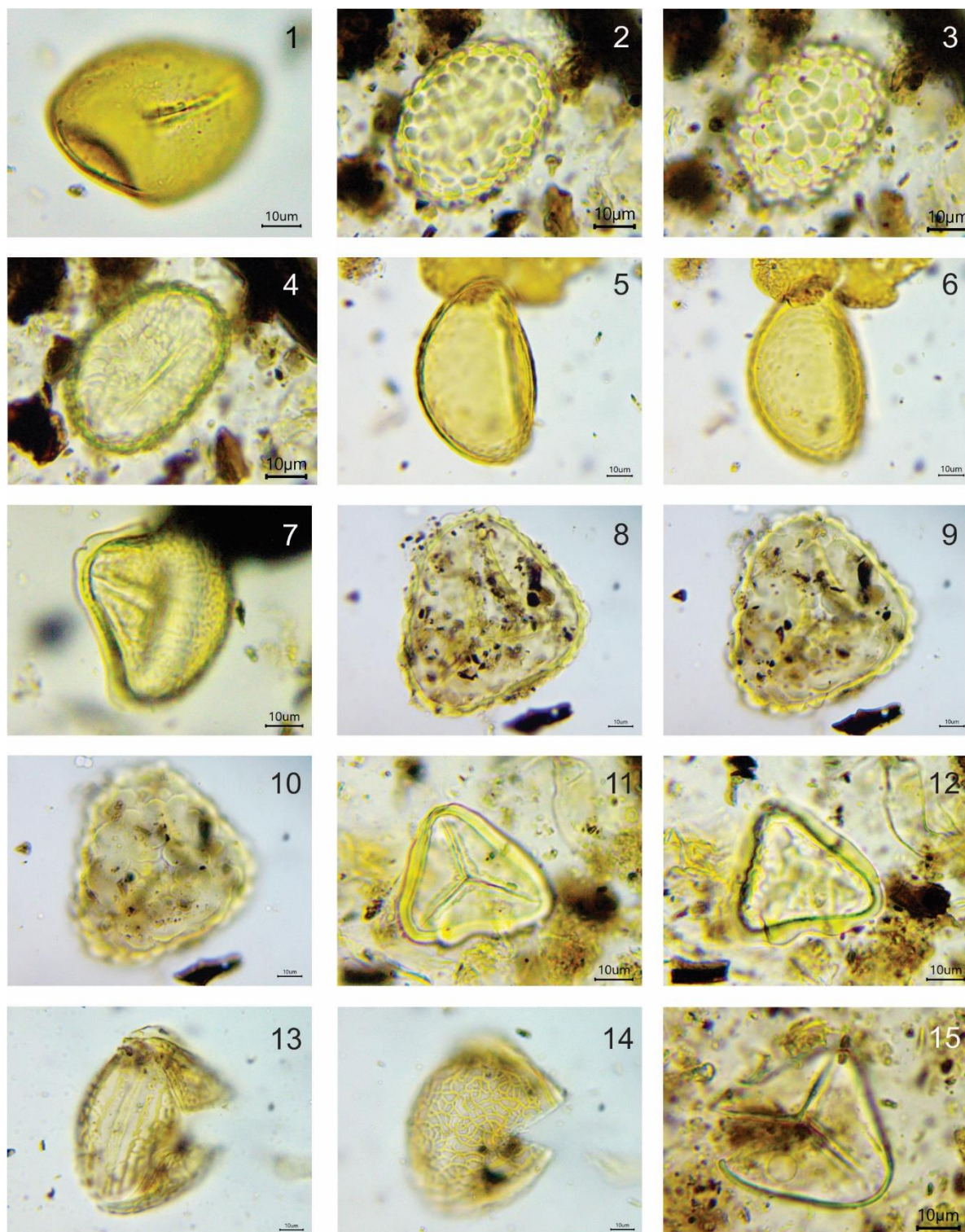
PRANCHA 10: Fotomicrografias dos grãos de pólen da Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 e 2: Família Rutaceae, *Esenbeckia*. Figs. 3 e 4: Família Salicaceae, *Banara*. Figs. 5-6: Família Sapindaceae, *Thinouia*. Fig. 7: Família Sapotaceae, *Pouteria*. Fig. 8: Família Scrophulariaceae, *Bacopa*. Fig. 9: Família Solanaceae, *Solanum* sp. Figs. 10 e 11: Família Styracaceae, *Styrax*. Figs. 12 e 13: Família Thymelaeaceae, *Daphnopsis*. Figs. 14 e 15: Família Urticaceae. 14. *Cecropia*. 15. *Pilea*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 1 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



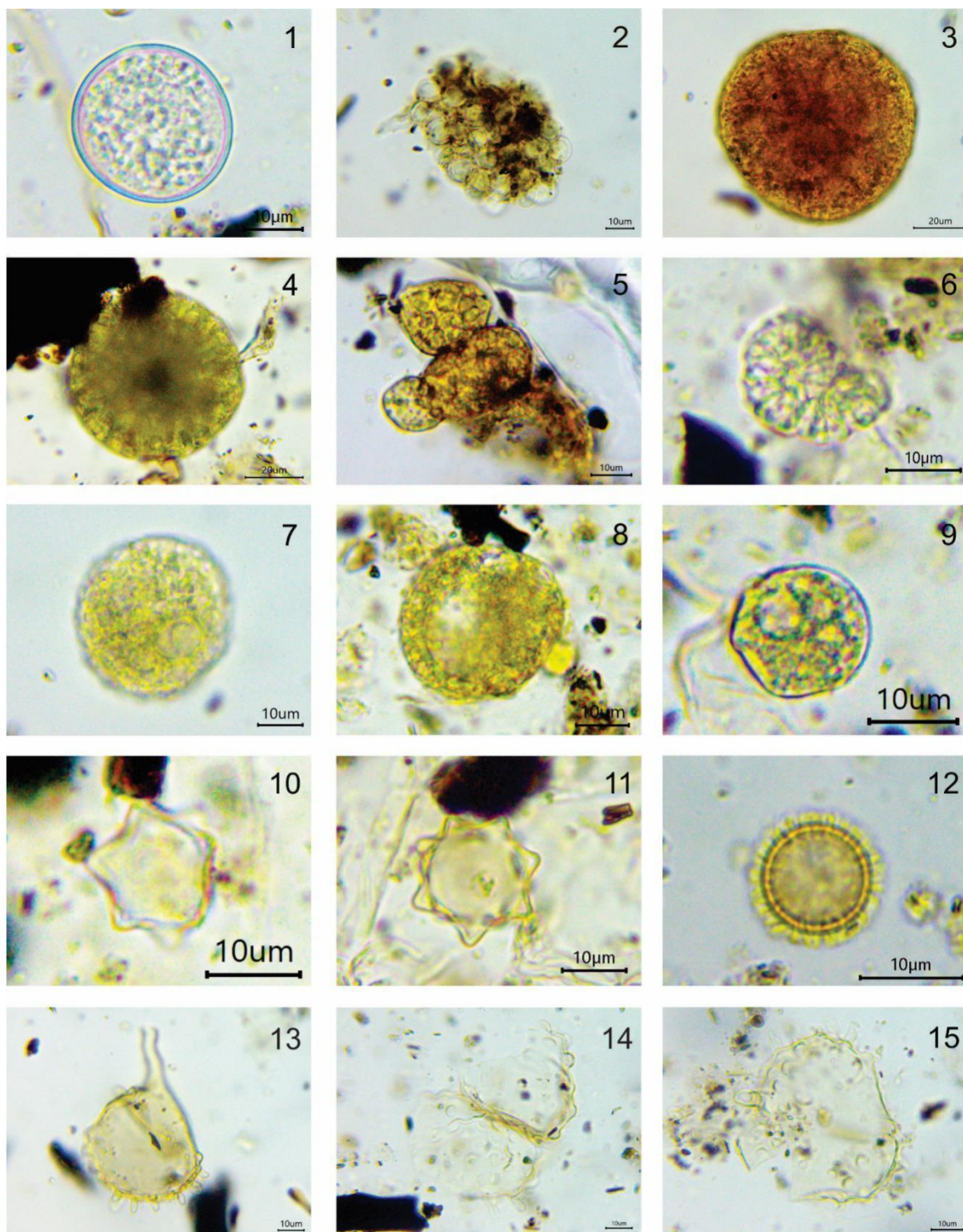
PRANCHA 1: Fotomicrografias dos esporos da Divisão Bryophyta e Pteridophyta, Classes Bryopsida, Polytrichopsida, Lycopodiopsida e Polypodiopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs 1 e 2: Classe Bryopsida. Família Dicranaceae, *Campylopodium*. Fig. 3: Classe Polytrichopsida. Família Polytrichaceae, *Itatiella ulei*. Figs. 4 a 11: Classe Lycopodiopsida. Família Lycopodiaceae. 4-6. *Lycopodiella alopecuroides*. 7-9. *Lycopodiella caroliniana*. 10-11. *Lycopodiella cernua*. Figs. 12 a 15: Classe Polypodiopsida. Figs. 12-13: Família Gleicheniaceae, *Gleichenia*. Fig. 14: Família Aspleniaceae, *Asplenium*. Fig. 15: Família Blechnaceae, *Blechnum*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 2 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



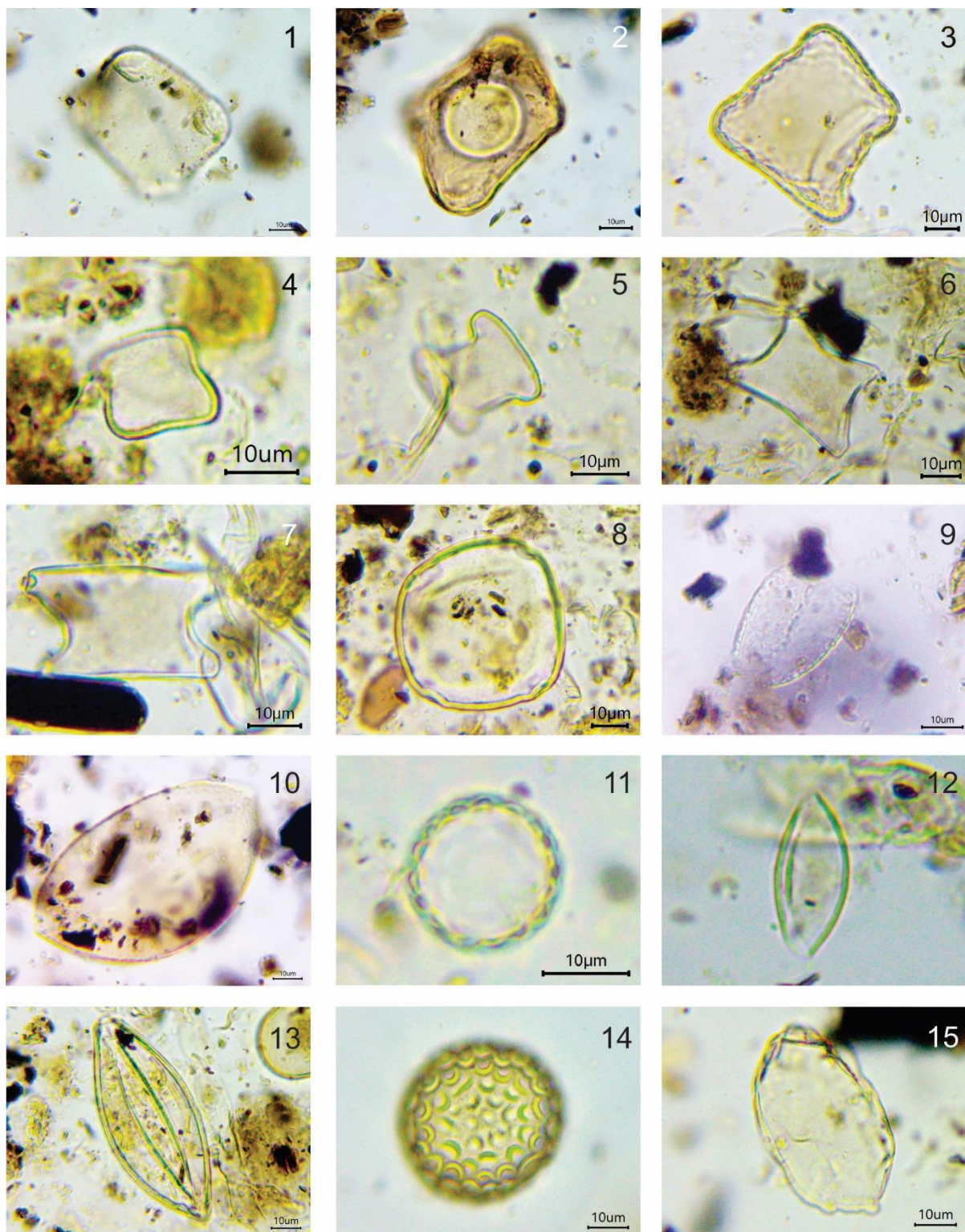
PRANCHA 2: Fotomicrografias dos esporos da Divisão Pteridophyta, Classes Polypodiopsida e Pteridopsida, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 a 14: Classe Polypodiopsida. Fig. 1: Família Blechnaceae, *Blechnum*. Figs. 2 a 6: Família Polypodiaceae. 2-4. *Microgramma*. 5-6. *Serpocaulon*. Figs. 7 a 14: Família Pteridaceae. 7. *Pityrogramma*. 8-10. *Pteris denticulata*. 11-12. *Pteris* tipo 1. 13-14. Pteridaceae tipo 1. Fig. 15: Classe Pteridopsida. Família Cyatheaceae, *Cyanthea*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B – Prancha 3 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



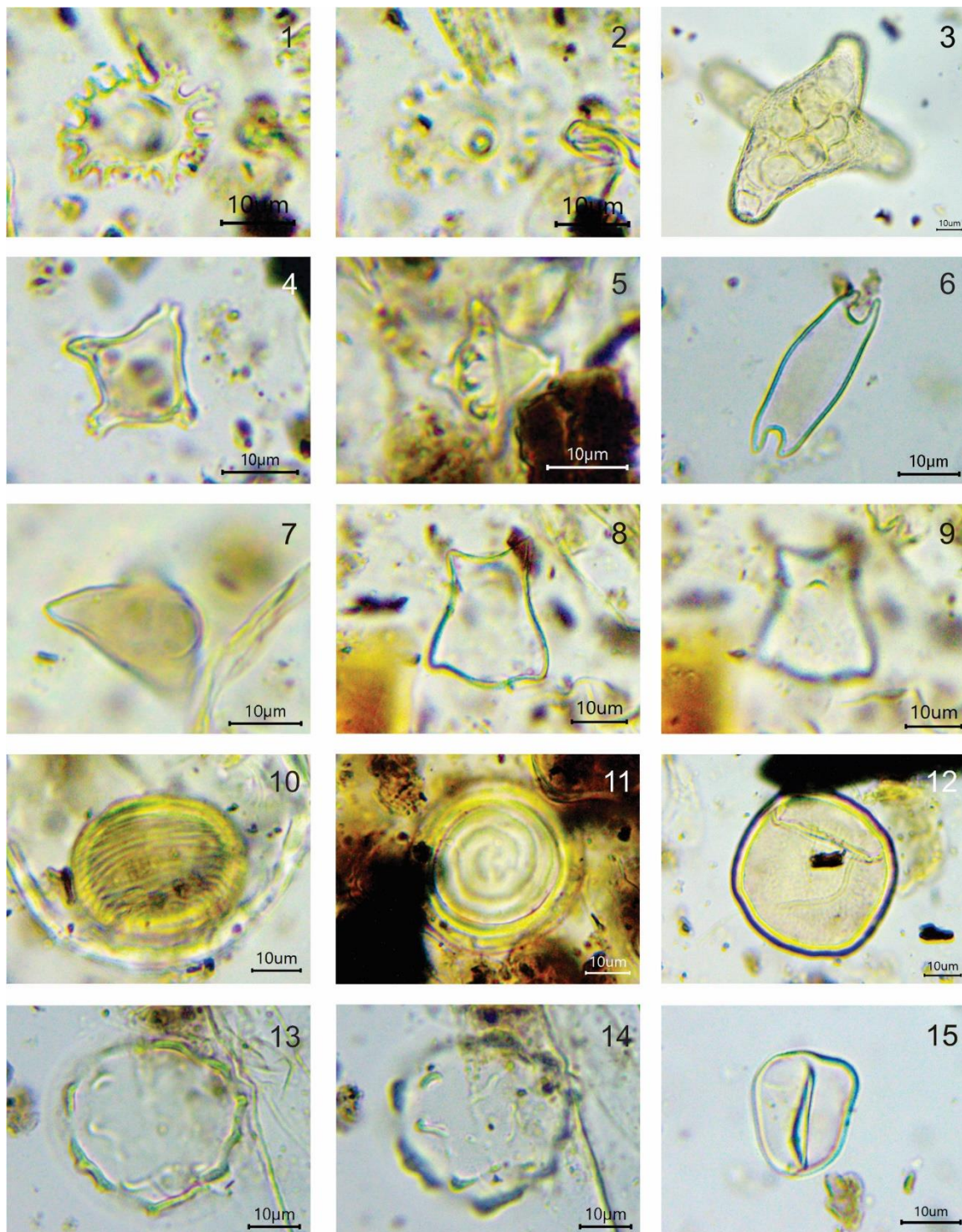
PRANCHA 3: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Chlorophyta, Classes Chlorophyceae e Zygnematophyceae, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 a 12: Classe Chlorophyceae. Figs. 1 a 2: Família Chlorococcaceae, *Chlorococcum*. Figs. 3 a 6: Família Dictyosphaeriaceae, *Botryococcus*. Figs. 7 a 9: Família Scenedesmaceae, *Coelastrum*. Figs. 10 e 11: Família Chlamydomonadaceae, *Chlamydomonas*. Fig. 12: Família Volvocaceae, Volvocaceae tipo 1. Figs. 13 a 15: Classe Zygnematophyceae. Família Desmidiaceae, *Cosmarium*. Escala nas figuras = 10 μm.

APÊNDICE B - Prancha 4 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



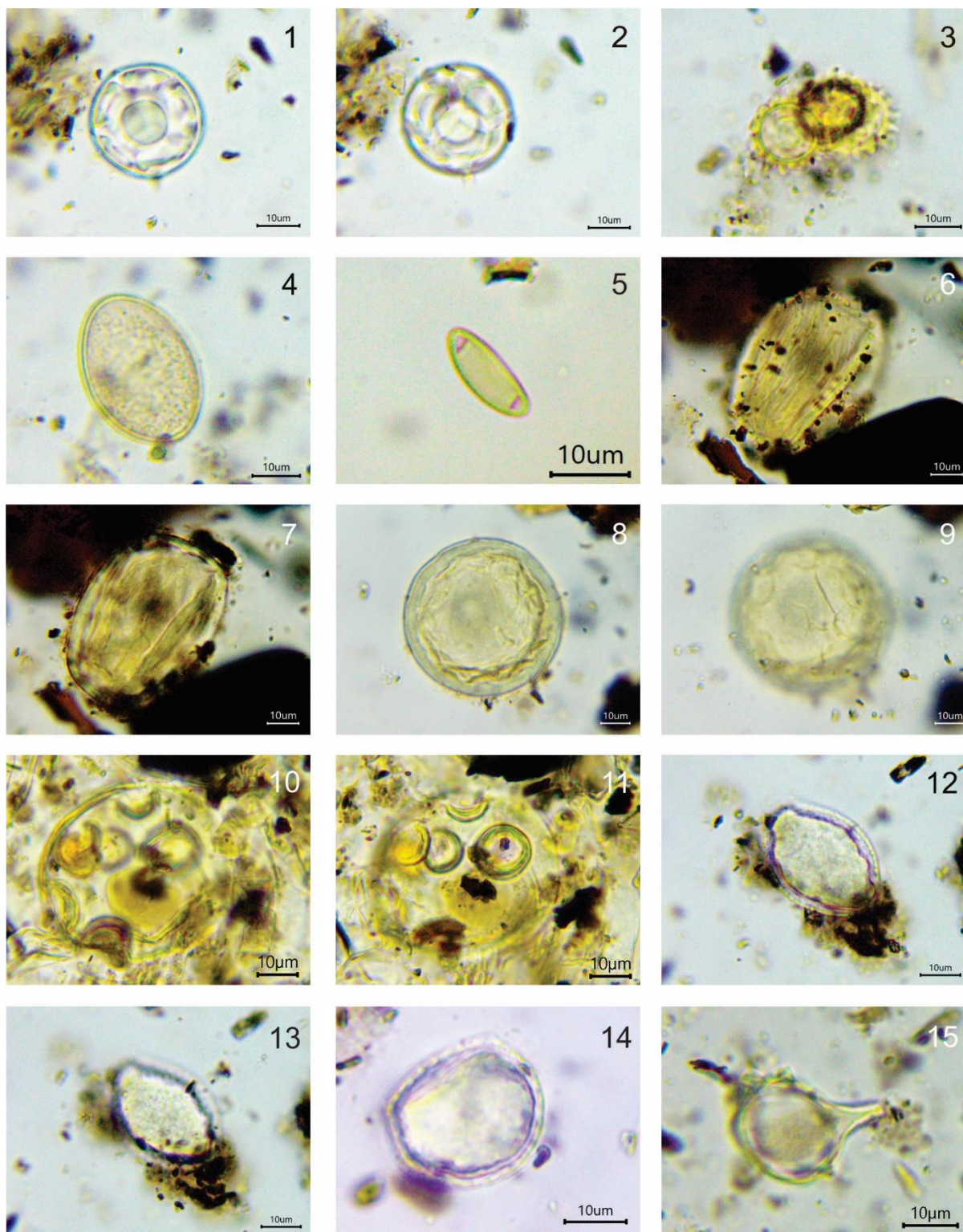
PRANCHA 4: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Chlorophyta, Classes Zygnematophyceae e Zygnophyceae, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 a 14: Classe Zygnematophyceae. Família Zygnemataceae. 1-8. *Mougeotia*. 9 -13. *Spirogyra*. 14. *Zygnema*. Fig. 15: Classe Zygnophyceae. Família Desmidiaceae, *Closterium*. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 5 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



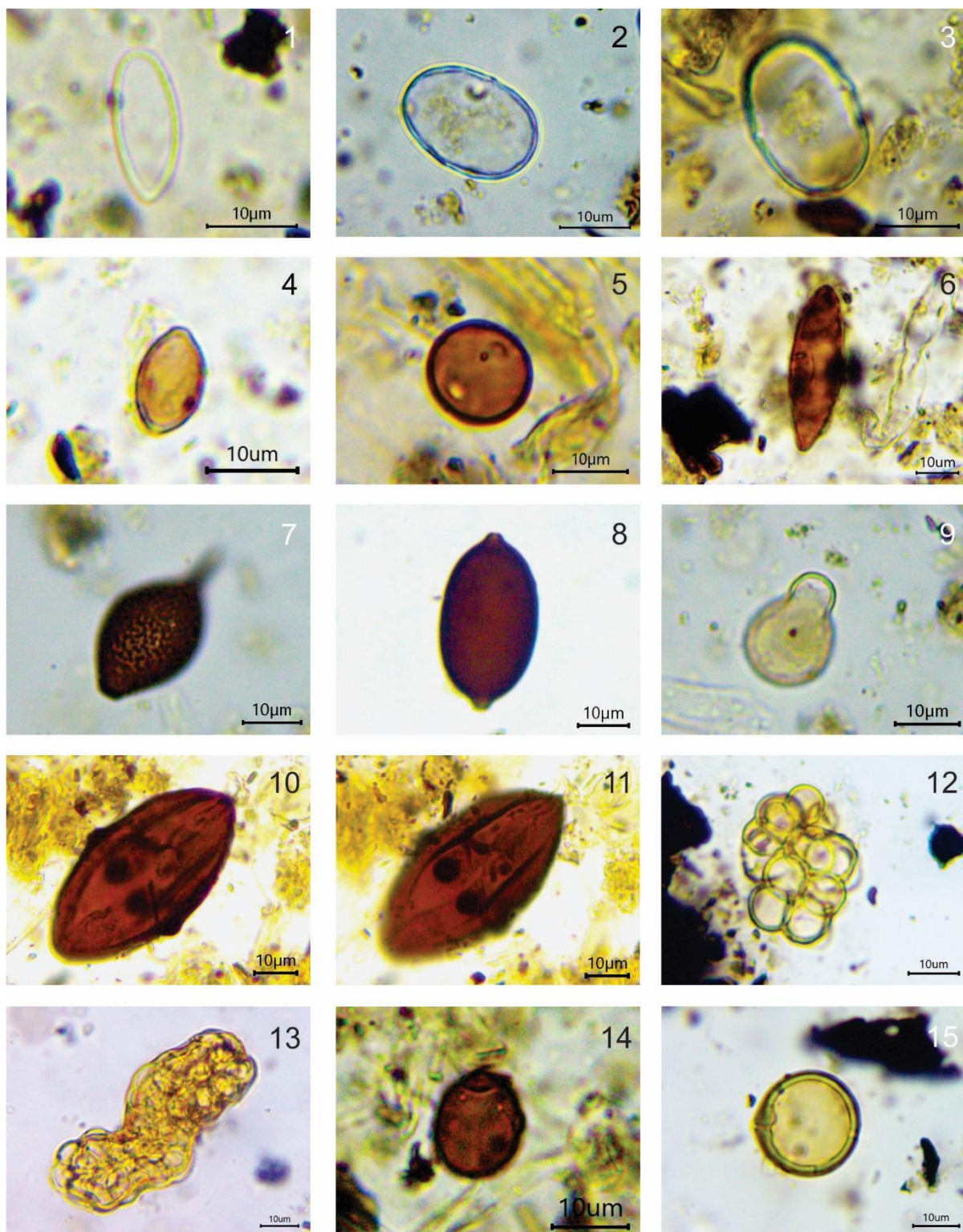
PRANCHA 5: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Stramenopiles (Sub-filo Ochrophyta), Classes Eustigmatophyceae, Xanthophyceae e *Incertae sedis*, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 a 3: Classe Eustigmatophyceae. Família Goniochloridaceae. 1-2. *Pseudostaurastrum enorme*. 3. *Pseudostaurastrum* sp. Figs. 4 a 9: Classe Xanthophyceae. Família Pleurochloridaceae. 4-5. *Tetraplektron laevi*. 6-7. *Tetraplektron torsum*. 8-9. Xanthophyceae tipo 1. Figs. 10 e 11: *Incertae sedis*, *Pseudoschizaea*. Fig. 12: Alga NI 2. Figs. 13-14: Alga NI 3. Fig. 15: Alga NI 4. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 6 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



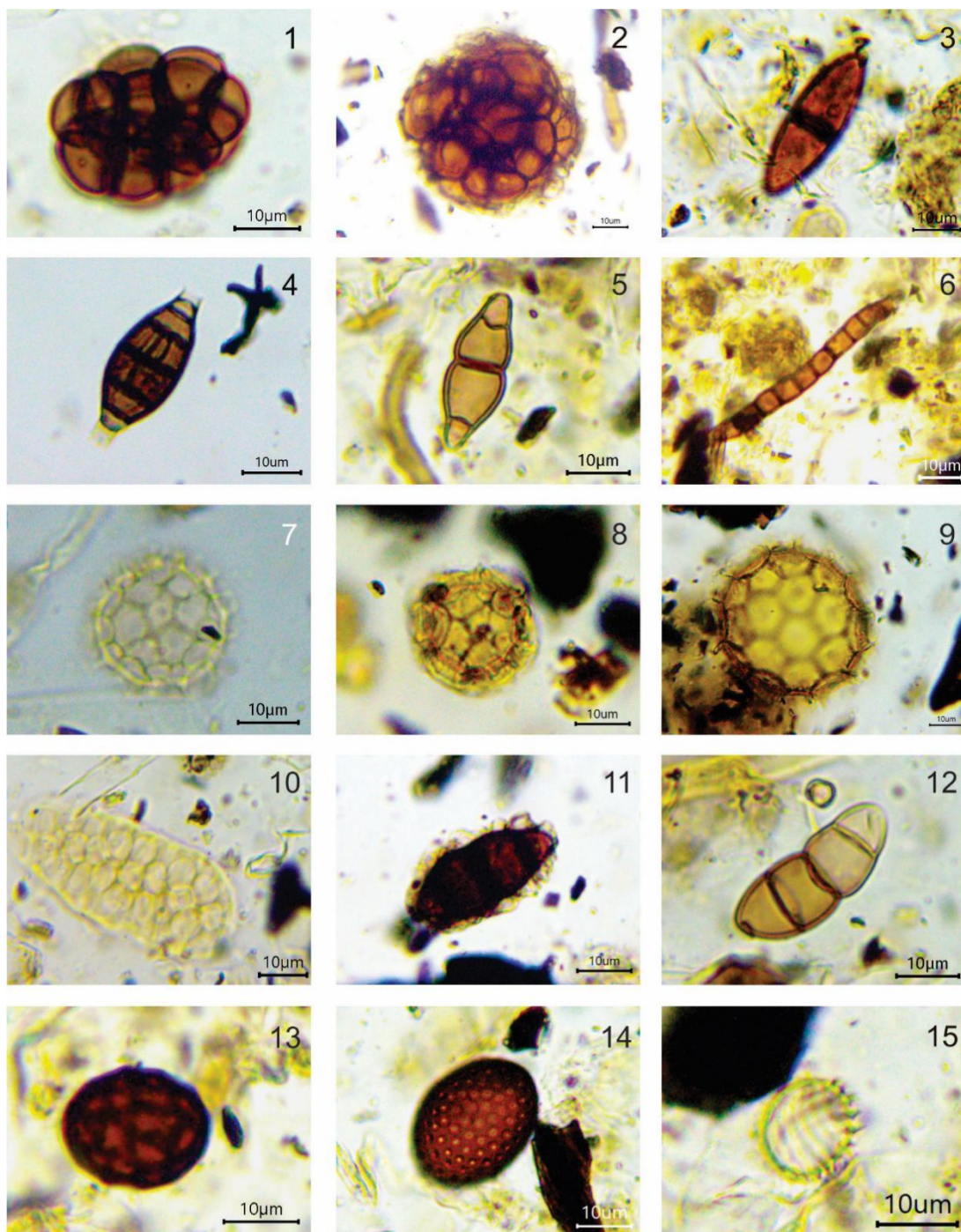
PRANCHA 6: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Stramenopiles observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 e 2: Alga NI 5. Fig. 3: Alga NI 6. Fig. 4: Alga NI 7. Fig. 5: Alga NI 8. Figs. 6 e 7: Alga NI 9. Figs. 8 e 9: Alga NI 10. Figs. 10 e 11: Alga NI 11. Figs. 12 e 13: Alga NI 13A. Fig. 14: Alga NI 13B. Fig. 15: Alga NI 14. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 7 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



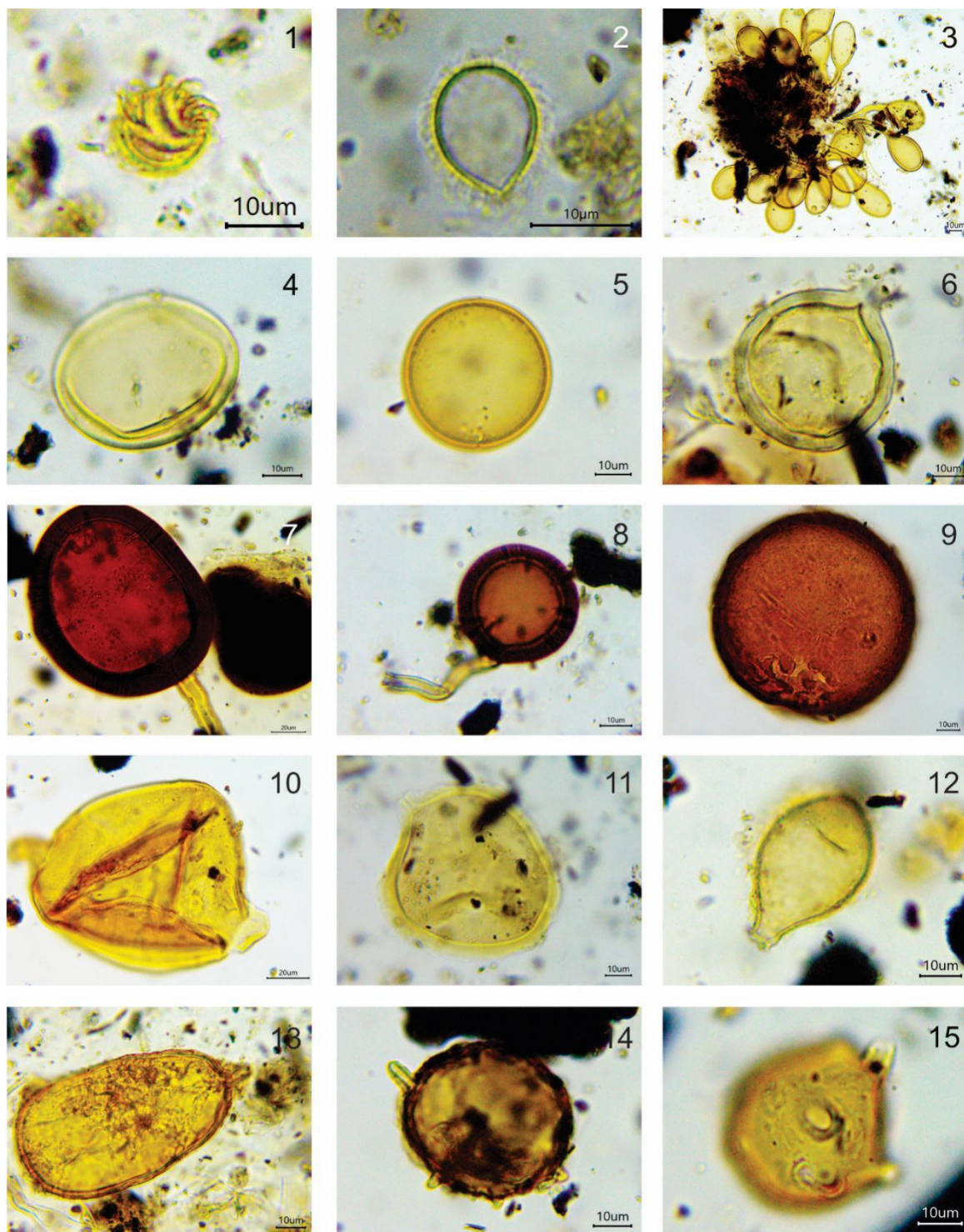
PRANCHA 7: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Stramenopiles e Deuteromycota, Classe Deuteromycetes (*Fungi Imperfect*) observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Fig. 1: Alga NI 16. Figs. 1 e 2: Alga NI 17. Figs. 4 a 15: Grupo Amerosporae. 4-7. Diporisorites. 8. Foveodiporites. 9. Inapertisorites. 10-11. Mediaverrunites. 12-13. Microsporonites. 14-15. Monoporisporites. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 8 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



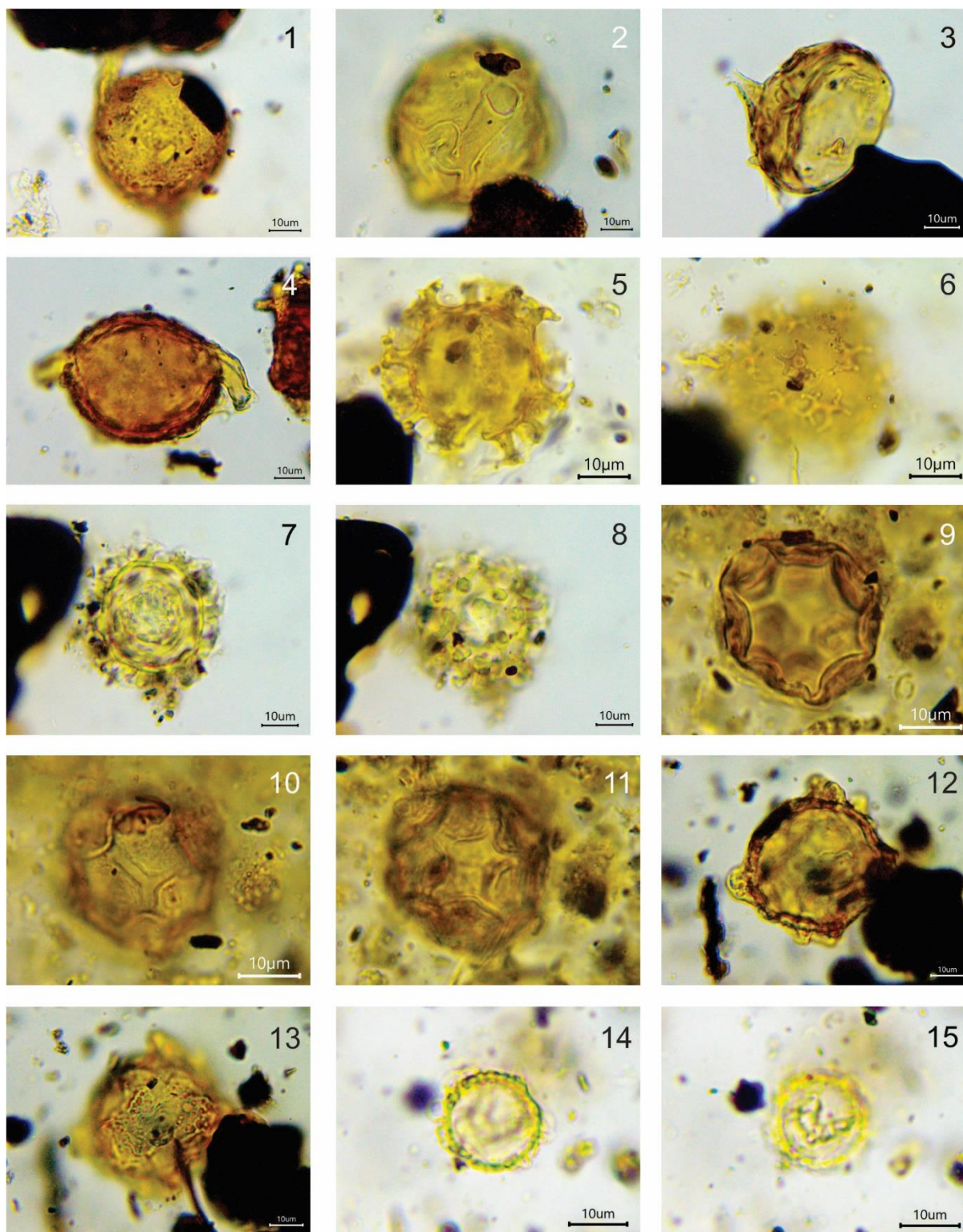
PRANCHA 8: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Deuteromycota, Ascomycota e Basidiomycota, Classes Deuteromycetes (*Fungi Imperfecti*), Ascomycetes, Dothideomycetes, Sordariomycetes e Entorrhizomycetes observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 e 2: Grupo Dictyosporae, Papulosporonites. Fig. 3: Grupo Didymosporae, Dicellaesporites. Figs. 4 a 6: Grupo Phragmosporae. 4. Diporicellaesporites. 5. Multicellites. 6. Pluricellaesporites. Figs. 7a 9: Classe Ascomycetes. Família Helotiaceae, *Bryophytomyces/Tilletia*. Figs. 10 e 11: Classe Dothideomycetes. Fig. 10: Família Pleosporaceae, *Pleospora*. Fig. 11: Família Valsariaceae, *Valsaria*. Figs. 12 a 14: Classe Sordariomycetes. Fig. 12: Família Meliolaceae, *Meliola*. Figs. 13 e 14: Família Sordariaceae. 13. *Gelasinospora adjuncta*. 14. *Gelasinospora reticulisporea*. Fig. 15: Classe Entorrhizomycetes. Família Entorrhizaceae, *Entorrhiza* tipo 1. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 9 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



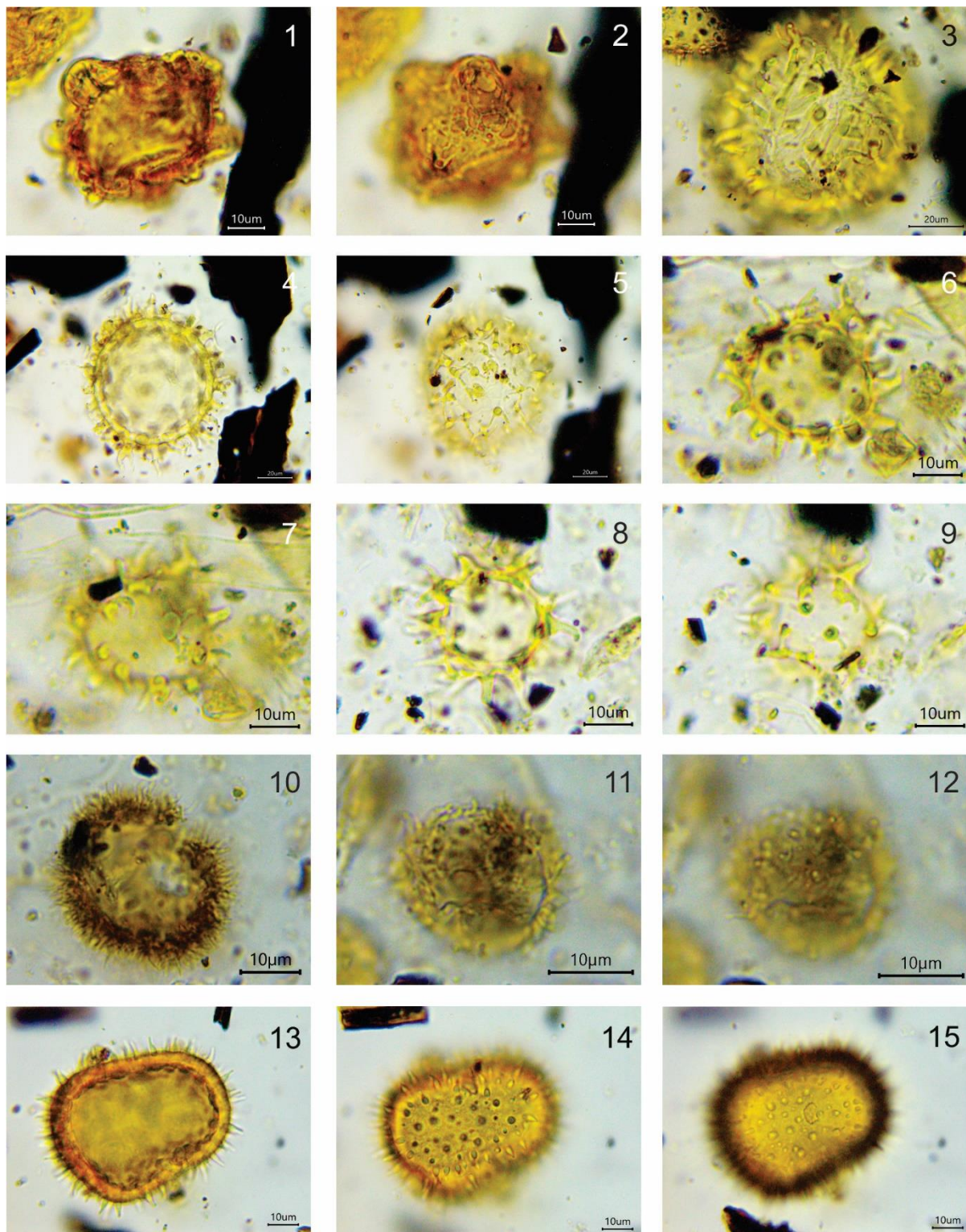
PRANCHA 9: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Ascomycota, Glomeromycota e Zygomycota, Classes Entorrhizomycetes, Pucciniomycetes e Glomeromycetes e Zigomicetes observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Fig. 1: Classe Entorrhizomycetes. Família Entorrhizaceae, *Entorrhiza* tipo 1. **Fig. 2:** Classe Pucciniomycetes. Pucciniales tipo 1. **Figs. 3 a 13:** Classe Glomeromycetes. Família Glomeraceae. **3-5.** *Glomus* tipo 1. **6.** *Glomus* tipo 2. **7-9.** *Glomus* tipo 3. **10.** *Glomus* tipo 4. **11.** *Glomus* tipo 5. **12.** *Glomus* tipo 6. **13.** *Glomus* tipo 7. **Figs. 14 e 15:** Classe Zygomycetes. **14.** Micorriza tipo 1. **15.** Micorriza tipo 2. Escala nas figuras = 10 µm e 20 µm.

APÊNDICE B - Prancha 10 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



PRANCHA 10: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Zygomycota e Dinophyta, Classes Zigomicetes e Dinophyceae observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. **Figs. 1 a 4:** Classe Zigomicetes. 1. Micorriza tipo 3. 2. Micorriza tipo 4. 3. Micorriza tipo 5. 4. Micorriza tipo 6. **Figs. 5 a 11:** Classe Dinophyceae. **Figs. 5 a 8:** Família Gonyaulacaceae, *Spiniferites*. **Figs. 9 a 11:** Família Peridiniaceae, *Parvodinium*. **Figs. 12 a 13:** Dinoflagelado tipo 3. **Figs. 14 a 15:** Dinoflagelado tipo 4. Escala nas figuras = 10 µm.

APÊNDICE B - Prancha 11 – Fotomicrografias dos palinomorfos não polínicos (NPP's) encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande



PRANCHA 11: Fotomicrografias dos palinomorfos do Filo Dinophyta e indeterminados, observados na vereda Pau Grande, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais. Figs. 1 e 2: Dinoflagelado tipo 5. Figs. 3 a 5: Dinoflagelado tipo 6. Figs. 6 a 9: Dinoflagelado tipo 8. Fig. 10: Dinoflagelado tipo 9. Figs. 11 a 12: Dinoflagelado tipo 10. Figs. 13 a 15: Palinomorfo não identificado. Escala nas figuras = 10 μ m e 20 μ m.

APÊNDICE C - Concentração dos palinomorfos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande, indicadores regionais (continua)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Arbóreas	<i>Anadenanthera colubrina</i>	0	4645	743	0	0
	<i>Caryocar brasiliense</i>	747	11613	212	0	402
	<i>Cecropia</i>	747	0	0	252	402
	<i>Helicostylis</i>	0	0	318	0	0
	<i>Mauritia flexuosa</i>	41433	555100	1167	504	1608
	<i>Mauritiella armata</i>	0	171872	0	0	0
	<i>Mimosa pigra</i>	0	0	531	0	402
	<i>Podocarpus</i>	0	0	318	0	0
	<i>Tapirira guianensis</i>	373	0	106	0	0
	<i>Schefflera</i>	0	0	106	0	0
	<i>Sloanea</i>	0	4645	212	504	402
	<i>Symphonia globulifera</i>	0	4645	0	0	0
Arbóreas e arbustivas	<i>Trema</i>	373	0	849	0	804
	<i>Banara</i>	0	0	212	252	0
	<i>Butia/Syagrus</i>	373	0	849	252	0
	<i>Copaifera</i>	0	0	212	252	804
	<i>Cybianthus</i>	0	0	637	0	0
	<i>Daphnopsis</i>	0	0	424	504	0
	<i>Erythroxylum</i>	0	0	212	252	804
	<i>Hedyosmum</i>	373	0	106	252	804
	<i>Ilex</i>	0	2323	212	0	0
	<i>Jacaranda</i>	0	0	0	0	402
	<i>Leptolobium</i>	373	0	106	0	0

APÊNDICE C - Concentração dos palinomorfos encontrados nas análises palinológicas do testemunho de solo da vereda Pau Grande, indicadores regionais (continua)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Arbóreas e arbustivas	<i>Myrcia/Eugenia</i>	373	2323	0	0	402
	<i>Picramnia</i>	747	0	0	252	0
	<i>Piptadenia</i>	747	0	1698	0	402
	<i>Posoqueria</i>	373	4645	0	0	402
	<i>Pouteria</i>	0	2323	424	252	804
	<i>Pterocarpus</i>	0	0	637	504	804
	<i>Rhamnus</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Richeria</i>	0	4645	318	504	0
	<i>Roupala</i>	373	0	0	0	0
	<i>Sorocea</i>	0	0	743	252	0
	<i>Styrax</i>	0	2323	106	0	402
	<i>Tabebuia</i>	747	0	212	504	6432
	<i>Ximenia</i>	0	0	0	0	402
Arbóreas, arbustivas e subarbustivas	<i>Diplusodon</i>	0	20903	0	0	402
	<i>Esenbeckia</i>	747	11613	1379	0	0
	<i>Palicourea</i>	373	0	0	0	0
Arbustiva	<i>Gaylussacia</i>	1120	13936	955	1511	402
Arbustivas e subarbustivas	<i>Baccharis</i>	747	0	955	252	804
	<i>Cuphea</i>	373	0	0	0	1206
Subarbustivas	<i>Aeschynomene sensitiva</i>	0	0	0	0	5628
	<i>Lepidaploa aurea</i>	1493	6968	0	0	0
Arbustivas e lianas	<i>Thinouia</i>	0	0	106	0	0
Subarbustivas e lianas	<i>Prestonia</i>	373	0	0	0	0

APÊNDICE C - Concentração dos palinomorfos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande, indicadores regionais (continua)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Lianas	<i>Emmeorrhiza</i>	0	0	424	0	0
	<i>Hyperbaena</i>	0	0	1486	252	2814
Arbóreas, arbustivas, subarbustivas e lianas	<i>Bauhinia</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Salacia</i>	0	0	212	0	804
Arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas	<i>Galactia</i>	0	0	0	0	1206
	<i>Justicia</i>	0	0	0	0	402
	<i>Polygala</i>	0	0	318	252	0
	<i>Spermacoce</i>	0	0	318	0	1206
Arbustivas, subarbustivas, herbáceas	<i>Amaranthus</i>	0	0	0	0	402
	<i>Declieuxia</i>	0	6968	106	0	0
	<i>Malachra</i>	0	16258	0	0	0
	<i>Microstachys/Sebastiania</i>	373	113807	1273	0	0
	<i>Mitracarpus</i>	0	0	106	0	0
	<i>Monocotiledonea</i>	2613	39484	10399	2267	5628
	<i>Peperomia</i>	0	2323	2228	4533	3618
	<i>Pilea</i>	373	2323	637	252	1608
Subarbustivas e herbáceas	<i>Bacopa</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Borreria verticillata</i>	3359	0	955	504	1206
	<i>Chelonanthus</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Gomphrena</i>	0	0	5730	3778	2010
	<i>Ichthyothere</i>	0	0	424	0	0
	<i>Scoparia</i>	373	0	0	0	0
Lianas e herbáceas	<i>Cayaponia</i>	0	9290	0	0	0

APÊNDICE C - Concentração dos palinomorfos encontrados na análises palinológica do testemunho da vereda Pau Grande, indicadores regionais (conclusão)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Lianas e herbáceas	<i>Dioscorea</i>	373	9290	318	1007	402
	Eriocaulaceae	747	6968	212	0	0
Herbáceas	Alimastaceae	0	0	106	0	0
	<i>Ambrosia</i>	0	0	424	252	402
	<i>Plantago</i>	0	0	3183	2015	804
	Poaceae	20903	60387	48916	22918	32561
	<i>Polygonum</i>	0	27871	0	0	0
	<i>Portulaca</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Richardia scabra</i>	0	6968	0	0	0
	<i>Trimezia</i>	747	13936	424	252	402
	<i>Voyria</i>	0	0	0	0	402
	<i>Xyris</i>	1493	0	1804	252	1206
Arbóreas, arbustivas, subarbustivas e herbáceas	<i>Bernardia</i>	0	0	424	252	0
	<i>Byrsonima</i>	373	4645	849	0	4020
	<i>Hyptis</i>	747	0	106	0	0
	<i>Ludwigia</i>	0	25549	0	0	0
Arbóreas, arbustivas, subarbustivas, lianas e herbáceas	<i>Chamaecrista</i>	0	0	106	252	1608
	<i>Croton</i>	0	11613	0	0	0
	Melastomataceae	1120	4645	424	252	804
	<i>Mimosa</i>	0	4645	0	0	1206
	Moraceae	747	0	424	0	804
	<i>Piper</i>	9705	30194	9125	8311	9648
	<i>Solanum</i>	1120	0	0	0	0
	Pólen não identificado	11198	20903	3926	2518	7236

APÊNDICE D - Concentração dos palinomorfos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande, indicadores locais (continua)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Hidro-higrófitas	Araceae	3733	9290	21540	17881	12864
	Cyperaceae	17917	23226	9762	2015	8040
	<i>Drosera</i>	1866	13936	849	1007	804
	<i>Typha</i>	2613	6968	1698	1259	1206
	<i>Utricularia</i>	0	0	1167	0	0
Briófitas	<i>Campylopodium</i>	0	0	212	0	804
	<i>Itatiella ulei</i>	0	0	0	504	0
Pteridófitas	<i>Asplenium</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Blechnum</i>	1493	44129	0	0	0
	<i>Cyanthea</i>	0	0	0	252	0
	<i>Gleichenia</i>	373	55742	106	0	0
	<i>Lycopodiella alopecuroides</i>	2613	109162	531	252	0
	<i>Lycopodiella caroliniana</i>	1866	18581	637	252	1608
	<i>Lycopodiella cernua</i>	0	2323	318	504	0
	<i>Microgramma</i>	0	0	531	0	0
	<i>Pityrogramma</i>	0	4645	0	0	0
	Pteridaceae tipo 1	373	0	0	0	0
	<i>Pteris denticulata</i>	373	0	106	0	0
	<i>Pteris</i> tipo 1	0	0	106	0	0
	<i>Serpocaulon</i>	0	13936	0	0	0
	Esporo NI	1493	23226	637	756	402
Algas	<i>Botryococcus</i>	9705	99871	6685	1511	4824
	<i>Chlamydomonas</i>	0	0	2971	756	0

APÊNDICE D - Concentração dos palinomorfos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande, indicadores locais (continua)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Algas	<i>Chlorococcum</i>	3359	6968	212	252	0
	<i>Closterium</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Coelastrum</i>	0	4645	1273	504	402
	<i>Cosmarium</i>	3359	13936	212	0	402
	<i>Gloeotrichia</i>	373	0	318	504	0
	<i>Mougeotia</i>	1866	4645	6791	5792	6432
	<i>Pseudoschizaea</i>	747	11613	318	0	0
	<i>Pseudostaurastrum enorme</i> (Xanthophyceae)	0	0	424	0	0
	<i>Pseudostaurastrum</i> (Xanthophyceae)	0	6968	0	0	0
	<i>Spirogyra</i>	4479	16258	3714	2015	3216
	<i>Tetraplektron laevis</i>	0	0	212	0	0
	<i>Tetraplektron torsum</i>	0	0	212	0	804
	Volvocaceae HdV-128A	1120	9290	6260	9822	27335
	Xanthophyceae tipo 1	0	0	318	0	0
	Xanthophyceae tipo 2	0	0	531	0	0
Fungos	<i>Zygnema</i>	373	9290	1592	0	804
	Algas NI	8959	16258	3183	28711	3618
	<i>Bryophytomyces sphagni/Tilletia</i>	10452	32516	8064	5541	8844
	Dicellaesporites tipo 1	2986	4645	30984	30725	18089
	Dicellaesporites tipo 2	373	0	0	3274	0
	Diporicellaesporites	373	0	0	0	0
	Diporisporites tipo 1	0	0	106	0	0
	Diporisporites tipo 2	0	0	1486	50873	37787
	Diporisporites tipo 3	5972	13936	1061	14859	10050

APÊNDICE D - Concentração dos palinomorfos encontrados na análise palinológica do testemunho da vereda Pau Grande, indicadores locais (continua)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Fungos	Diporisorites tipo 4	0	0	424	756	1206
	<i>Enthorrhiza</i>	5599	9290	4563	3526	18491
	<i>Enthorrhiza</i> tipo 2	0	0	106	0	0
	<i>Enthorrhiza</i> tipo 3	0	0	0	0	1206
	Foveodiporites	3359	13936	424	252	2814
	Frutificação de fungo	0	30194	0	0	0
	<i>Gelasinospora adjuncta</i>	0	0	531	1763	402
	<i>Gelasinospora reticulispora</i>	2613	0	2759	1511	1206
	<i>Glomus</i> /colônia	11945	9290	0	0	0
	<i>Glomus</i> /esporo	34714	487744	17296	8563	14472
	Inapertisorites tipo 1	0	0	3183	0	0
	Inapertisorites tipo 2	0	0	318	252	0
	Mediaverrunites	747	0	212	3274	402
	<i>Meliola</i>	0	0	1486	1511	0
	Micorriza	0	301937	1486	252	0
	Microsporonites tipo 1	12318	27871	15280	15111	10452
	Microsporonites tipo 2	11945	78968	7428	1511	2412
	Monoporisporites tipo 2	2613	9290	24511	16370	16481
	Monoporisporites tipo 1	1120	0	6154	1763	804
	Multicellites tipo 1	0	0	106	0	0
	Papulosporonites	21277	97549	4138	5289	15678
	<i>Pleospora</i>	0	0	0	4281	804
	Pluricellaesporites	0	0	0	252	0
	<i>Pucciniales</i>	0	0	2334	2015	2010

APÊNDICE D - Concentração dos palinomorfos encontrados na análise palinológicas do testemunho da vereda Pau Grande, indicadores locais (conclusão)

Hábito	Táxons	Níveis estratigráficos				
		1	2	3	4	5
		4-5	9-10	20-21	25-26	30-31
Fungos	<i>Valsaria</i>	1120	0	531	504	2412
	<i>Spiniferites</i>	373	192775	3714	4785	9246
	Dinoflagelado tipo 3/ <i>Lavradosphaera</i>	0	415744	318	2518	1206
	Dinoflagelado tipo 4	1120	0	0	0	402
	Dinoflagelado tipo 5	747	6968	424	0	402
	Dinoflagelado tipo 6A	0	67355	0	0	0
	Dinoflagelado tipo 6B	0	134710	0	0	0
	Dinoflagelado tipo 8	0	2323	13264	8311	16079
	Dinoflagelado tipo 9	0	0	3077	2267	0
	Dinoflagelado tipo 10	0	0	637	0	0
	Dinoflagelado tipo 11	373	0	0	0	0
	Dinoflagelado tipo 12 HdV 989	0	0	2334	252	0
	Dinoflagelado tipo 13	0	0	106	0	0
	Dinoflagelado tipo 14	0	0	0	252	0
	<i>Parvodinium</i>	0	0	0	252	0
Crustáceo	<i>Copépode</i>	0	0	106	756	804
Rotífera	<i>Keratella</i>	0	2323	0	0	0
	<i>Tardígrado</i> tipo 1_ovo	0	2323	0	0	0
	<i>Tardígrado</i> tipo 2	0	2323	0	0	0
	Palinomorfos não identificados	5972	190453	3502	28459	8040